

**BANTUAN TEKNIS UNTUK INDUSTRI IKAN DAN UDANG
SKALA KECIL DAN MENENGAH DI INDONESIA**

(Teknik Pasca Panen dan Produk Perikanan)



Desember 2008





JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

JICA Project : Bantuan Teknis untuk Industri Ikan dan Udang Skala Kecil dan Menengah di Indonesia

Office Address : Ministry of Marine Affairs and Fisheries
Mina Bahari II Building, 16 th Floor
Jln. Medan Merdeka Timur No. 16
Jakarta Pusat 10110

Telp. +62-21-3519070 (ext 1602)
+62-21-3500065 (Direct)

Fax. +62-21-3500065

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
1. PERUBAHAN MUTU IKAN PASCA PENANGKAPAN.....	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Perubahan Mutu Ikan Segar	1
1.2.1 Perubahan-Perubahan Yang Terjadi Setelah Ikan Mati	1
1.2.2 Aksi Protease Otot	2
1.2.3 Oksidasi Lemak	3
1.2.4 Pembusukan Oleh Mikroba	3
1.2.5 Perubahan Rasa	4
1.2.6 Perubahan Tekstur	4
1.2.7 Perubahan Warna	4
1.2.8 Melanosis.....	5
1.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Mutu Ikan.....	5
1.3.1 Dampak Dari Spesies.....	5
1.3.2 Efek Ukuran.....	6
1.3.3 Jarak Ke Pelabuhan	7
1.3.4 Tempat Penangkapan Ikan.....	8
1.3.5 Efek Jenis Kelamin Dan Proses Bertelur.....	8
1.3.6 Ikan Yang Secara Alami Beracun	9
1.4 Pembusukan Ikan.....	9
1.4.1 Pembusukan Mikroba	9
1.4.2 Pembusukan Enzim (Otolisis)	11

1.4.3 Pembusukan Kimia.....	12
1.5 Pengendalian Atas Penurunan Kualitas	13
1.5.1 Persiapan Ikan Sebelum Penyimpanan.....	13
1.5.1.1 Penyortiran	14
1.5.1.2 Pengeluaran Isi Perut.....	14
1.5.1.3 Pengeluaran Darah.....	14
1.5.1.4 Pencucian.....	14
1.5.2 Penggunaan Es.....	15
1.5.2.1 Penyimpanan Dalam Jumlah Besar	17
1.5.2.2 Penyimpanan Dengan Rak	18
1.5.2.3 Penyimpanan Dalam Peti	18
1.5.3 Penyimpanan Dingin Di Darat	20
1.5.4 Penggunaan Sluri Es.....	20
1.5.5 Keterbatasan Dalam Pendinginan Dengan Es	20
1.6 Pendinginan Beku Ikan.....	21
1.6.1 Apa Yang Terjadi Selama Masa Penyimpanan Beku.....	21
1.6.2 Pembekuan Lambat Dan Cepat	22
1.6.3 Perubahan Mutu Pada Makanan Hasil Laut Beku.....	23
1.6.3.1 Perubahan Struktur Protein.....	24
1.6.3.2 Perubahan Warna Dan Rasa.....	24
1.6.3.3 Rusaknya Jaringan Penghubung.....	25
1.6.4 Metode Pembekuan	25
1.6.4.1 Pembekuan Dengan Pelat (<i>Plate Freezing</i>)	
(Pembekuan Tajam/Sharp Freezing).....	25

1.6.4.2 Pembekuan Dengan Sistem Bagas Udara (Air-Blast Freezing).....	26
1.6.4.3 Pembekuan Kontak-Pelat (Contact-Plate Freezing)	26
1.6.4.4 Pembekuan Celup (Immersion Freezing)	27
1.6.5 Melunakkan Produk Perikanan Beku	27
2. PRODUK IKAN YANG DIASINKAN DAN DIKERINGKAN	59
2.1 Proses Produksi Ikan Yang Diasinkan Dan Dikeringkan	59
2.2 Proses Pengasinan	62
2.3 Proses Pengeringan.....	62
2.3.1 Proses Pengeringan Dengan Sinar Matahari	62
2.3.2 Proses Pengeringan Dengan Udara Hangat	63
2.3.3 Proses Pengeringan Dengan Udara Dingin	63
2.3.4 Proses Pengeringan Dengan Menggunakan Jelly Silika (Silica Gel)....	63
2.3.5 Proses Pengeringan Dengan Lembaran Penyerapan Air (Water Absorption Sheet)	63
3. PRODUK IKAN LAUT YANG DIRENDAM DALAM CUKA (SHIME-SABA ATAU MACKEREL DALAM RENDAMAN CUKA)	64
3.1 Proses Produksi Produk Mackerel dalam Cuka (Shime-Saba).....	64
3.2 Perhatian Bila Menggunakan Bahan Baku Ikan Mackerel.....	67
4. PRODUK YANG DIASAP	68
4.1 Proses Produksi Ikan Yang Diasap	68
4.2 Proses Pengasapan.....	70
4.2.1 Proses Pengasapan Dingin (Cold Smoking Process).....	70
4.2.2 Proses Pengasapan Hangat (Warm Smoking Process)	71

4.2.3 Proses Pengasapan Panas (Hot Smoking Process)	71
4.2.4 Proses Pengasapan Cair (Liquid Smoking Process)	71
4.3 Bahan Pengasap –Smoking Agent	71
5. PRODUK KUE IKAN (FISH CAKE)	72
5.1 Proses Produksi Kue Ikan Goreng	72
5.2 Konsentrasi Kandungan Garam	75
5.3 Pembentukan Jelly Pasta Daging Ikan	76
5.4 Perbedaan Pembentukan Jelly Menurut Jenis Ikan	76
5.5 Pemanasan Dua-Tahap	77

1. PERUBAHAN MUTU IKAN PASCA PENANGKAPAN

1.1 Pendahuluan

Pelanggan, perusahaan pemrosesan ikan, pejabat pengatur, dan ilmuwan memandang kesegaran dan mutu ikan secara berbeda-beda. Hal tersebut khususnya berlaku bagi makanan hasil laut, yang kesegaran dan mutunya dapat diinterpretasikan secara luas. Pemeliharaan mutu baik ikan non budidaya maupun ikan yang dibudidayakan lebih sulit dibandingkan dengan pemeliharaan mutu makanan berdaging lainnya. Berbeda dengan penyediaan produk makanan utama lainnya, produksi makanan hasil laut tidak dapat secara langsung dikendalikan, ditingkatkan mutunya atau diprediksi secara akurat. Industri makanan hasil laut sangat beragam, bergantung pada jenis panen, teknik penangkapan ikan, jenis produk, volume produksi, dan lokasinya. Selain itu, sifat makanan hasil laut membuat produk tersebut rentan terhadap berbagai risiko yang dibawa oleh makanan.

Mutu produk perikanan dipengaruhi oleh faktor-faktor intrinsik dan ekstrinsik. Seperti spesies, ukuran, jenis kelamin, komposisi, penanganan telur, keberadaan parasit, racun, kontaminasi polutan, dan kondisi pembudidayaan merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan mutu intrinsik. Sifat-sifat biokimia daging ikan, seperti rendahnya kadar kolagen, relatif tingginya kadar lemak tak jenuh serta komposisi nitrogen terurai yang mempengaruhi otolisis, perkecambahan mikroba yang sangat cepat, dan pembusukan. Ikan berlemak seperti sarden dan haring membusuk lebih cepat dibandingkan ikan yang tidak berlemak. Ikan-ikan kecil yang diberi pakan terlalu banyak sebelum penangkapan dapat mengalami pelunakan jaringan daging dan dapat menjadi mudah rusak setelah ikan mati akibat otolisis. Ikan-ikan berukuran lebih besar memiliki daya jual dan nilai yang lebih tinggi karena memiliki lebih banyak bagian yang dapat dimakan dan tahan lebih lama.

Faktor-faktor ekstrinsik yang mempengaruhi mutu ikan tangkapan antara lain, lokasi tangkapan, musim, metode penangkapan (jaring insang, tali tangan (*handline*), tali panjang (*longline*)), atau perangkap, dan lain sebagainya. Penanganan ikan di atas kapal, kondisi kebersihan kapal penangkap ikan, pemrosesan, dan kondisi penyimpanan. Pengembangan produk perikanan bermutu tinggi dimulai dengan pertimbangan kondisi hewan tersebut di dalam air, dampak stres lingkungan, kekurangan nutrisi, atau perubahan-perubahan iklim pada mutu intrinsik dan pengaruh metode penangkapan dalam keadaan yang alamiah.

1.2 Perubahan Mutu Ikan Segar

1.2.1 Perubahan-Perubahan yang Terjadi Setelah Ikan Mati

Otot ikan hidup bersifat elastis dan kendur. Segera setelah tubuh ikan mulai kaku akibat kematian, seluruh badan ikan menjadi tidak elastis dan keras. Dimulainya proses tersebut bergantung pada suhu ikan, khususnya perbedaan antara suhu air dan suhu ruang penyimpanan. Semakin besar perbedaan suhu air dan tempat penyimpanan, semakin cepat ikan menjadi kaku, begitu pula sebaliknya. Pernafasan

aerob berhenti dan oksidasi anaerob menyebabkan akumulasi asam laktat yang menyebabkan turunnya pH otot dari sekitar 6,8 menjadi 6,5 (Gambar 2). Sebagian besar ikan teleostei dan krustasea memiliki kandungan karbohidrat yang lebih rendah, sedangkan kerang bercangkang ganda dan moluska memiliki kadar karbohidrat yang lebih tinggi. Kadar pH akhir bergantung pada spesies dan komposisi hewan tersebut. Pada saat otot ikan menjadi kaku, hilangnya *adenosine triphosphate* (ATP) akibat pembusukan otolisis (Gambar 5 dan 6) menyebabkan otot menjadi kaku sebagai akibat penggabungan searah (*irreversible association*) molekul-molekul *myosin* dan *actin* (Gambar 2). Lendir terbentuk pada sel-sel tertentu di kulit ikan dan proses pembentukan lendir tersebut menjadi sangat aktif setelah ikan mati. Hal tersebut khususnya berlaku pada sebagian besar ikan air tawar, yang mengeluarkan lendir hingga 2-3% dari massa ikan, yang menimbulkan masalah dalam pemrosesan. Lendir mengandung senyawa nitrogen yang sangat besar dan senyawa tersebut menyediakan makanan bagi mikro organisme pencemar ikan yang berasal dari lingkungan sekitar. Berhentinya proses pengerasan otot ikan merupakan proses yang lambat terutama disebabkan oleh rendahnya hidrolisis *actomyosin* dengan pH rendah oleh protease asam, seperti *cathepsin* yang terdapat di dalam otot. Tabel 5-7 dan Gambar 3 serta 4 menunjukkan peristiwa-peristiwa dan perubahan-perubahan yang terjadi pada otot setelah ikan mati.

Kekakuan otot yang terjadi setelah ikan mati (Gambar 2) berpengaruh terhadap teknologi karena proses tersebut mempengaruhi mutu filet. Idealnya, ikan difilet setelah proses pengkakuan berhenti (pasca kekakuan). Apabila ikan difilet pada saat pengkakuan berlangsung, filet yang dihasilkan akan kaku dengan hasil yang buruk. Apabila filet dipisahkan dari tulang sebelum proses pengkakuan berlangsung (sebelum kekakuan) otot akan berkontraksi secara bebas sehingga filet akan memendek pada saat pengkakuan berlangsung, fenomena ini disebut perumpangan (*gaping*). Selain itu, perilaku filet selama pemrosesan juga berbeda bergantung dari cara perolehannya, apakah diambil dari ikan yang belum mengalami proses pengkakuan atau yang proses pengkakuannya telah berhenti.

Segera setelah ikan mati, mutu awal biokimia otot cenderung mengalami perubahan yang sangat cepat akibat terhentinya pernapasan, pecahnya sel-sel ATP (Gambar 5 dan 6), aksi otolisis dari enzim proteolitik yang terdapat pada otot (Gambar 3), oksidasi lemak, dan aktivitas metabolisme mikroorganisme.

1.2.2 Aksi Protease Otot

Otot ikan mengandung beberapa protease termasuk *cathepsins*, *trypsin*, *chymotrypsin*, dan peptidase yang juga berpengaruh pada otot selama penyimpanan setelah ikan mati. Perubahan-perubahan yang terjadi pada otot ikan sebagai akibat dari reaksi tersebut dapat memberikan kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan bakteri. Namun, reaksi-reaksi tersebut sendiri tidak menimbulkan kerusakan otot yang signifikan. Meskipun demikian, reaksi otolisis dapat mendorong terinvasinya otot oleh organisme-organisme yang terdapat di usus. Penanganan yang kasar dapat merusak struktur sel yang menyebabkan terlepasnya enzim-enzim otolisis termasuk protease, yang mempercepat pembusukan. Salah satu dampak yang

paling merugikan dari *proteolysis* otolisis adalah meletusnya perut ikan-ikan laut dalam seperti haring dan *caplin*. Pembusukan pada jenis sotong (Cephalopoda) sebagian besar disebabkan oleh proses otolisis. Keberadaan cathpsin D, seperti sumber proteinase lyosomal berperan penting dalam pembusukan mantel otot sotong. Hal tersebut mengakibatkan meningkatnya kadar nitrogen yang berasal dari otot, yang menguntungkan bagi perkembangan mikroflora degeneratif sehingga memperpendek usia penyimpanan ikan.

1.2.3 Oksidasi Lemak (Tabel 6)

Oksidasi lemak dikaitkan dengan perubahan awal yang terjadi pada jaringan otot setelah ikan mati. Proses ini diawali dengan penghilangan proton dari karbon utama asam lemak tak jenuh. Reaksi berantai tersebut membentuk hidropersida yang siap dipisahkan dan dikatalisasi oleh ion-ion logam berat dan hemeprotein yang mengandung besi. Oksidasi lemak cenderung terjadi pada saat penyimpanan beku (*frozen storage*) dibandingkan dengan penyimpanan dingin (*chill storage*) (0 hingga 2°C), dan dapat berkaitan dengan enzim maupun non-enzim. Enzim-enzim seperti *lipoxigenase*, *peroxidase*, dan enzim-enzim mikrosomal dari jaringan otot hewan kemungkinan besar dapat memulai peroksidasi lemak yang menghasilkan hidropersida. Terpisahnya hidropersida menjadi *aldehyde*, *ketone*, dan alkohol menyebabkan berubahnya rasa lemak ikan, yang kaya akan asam lemak tak jenuh ganda n-3, rentan terhadap oksidasi, yang meningkatkan *aldehyde* n-3 yang menyebabkan perubahan rasa oksidatif tertentu.

Lemak ikan juga rentan terhadap *hydrolysis* oleh lipase dengan terbentuknya asam lemak bebas. *Hydrolysis* lemak lebih sering terjadi pada ikan yang isi perutnya tidak dibersihkan dibanding yang sudah dibersihkan, mungkin disebabkan oleh keterlibatan lipase yang terdapat di dalam enzim-enzim pencernaan. Phospholipase sel diketahui menghidrolisis lemak, khususnya, phospholipids yang mengakibatkan meningkatnya oksidasi lemak yang terhidrolisis.

1.2.4 Pembusukan oleh Mikroba (Gambar 9-11)

Diperkirakan sebanyak satu per tiga produksi pangan dunia terbuang setiap tahun akibat kerusakan yang disebabkan oleh mikroba. Aktivitas mikroba merupakan penyebab utama kerusakan sebagian besar makanan hasil laut segar dan beberapa makanan hasil laut yang mengalami pengawetan ringan. Mikro organisme yang dikaitkan dengan produk-produk perikanan secara umum mencerminkan populasi mikroba dalam lingkungan akuatik ikan-ikan tersebut. Pada saat penangkapan, otot ikan steril, tetapi segera terkontaminasi oleh bakteri-bakteri permukaan tubuh ikan dan bakteri-bakteri usus, dan bakteri-bakteri yang berasal dari air, peralatan, dan manusia selama penanganan dan pemrosesan. Mikro organisme ditemukan di permukaan luar tubuh ikan (kulit dan insang) dan usus ikan yang hidup dan baru ditangkap. Mikroflora yang terdapat pada ikan yang berasal dari daerah tropis didominasi oleh bakteri berbentuk pancing yang bersifat psikotropis, negatif Gram aerob atau anaerob fakultatif. Pada air yang terpolusi, mungkin ditemukan sejumlah besar Enterobacteriaceae. Terjadi perubahan jenis bakteri selama penyimpanan dingin. Setelah penyimpanan selama satu hingga dua minggu bakteri *Pseudomonas*

dan *Shewanella* spp. yang bersifat psikotropis mendominasi. Pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi, misalnya 20°C, mikroflora, yang pada akhirnya tumbuh pada produk, bersifat mesofilis, termasuk *Bacillus* dan *Micrococcus* spp.

Pada awalnya, bakteri tumbuh berkat senyawa molekular ringan yang dapat terurai yang terdapat pada otot ikan dan lendir yang menjadi sumber makanannya. Pada awalnya, bakteri tumbuh dipermukaan, dan lendir yang bertambah banyak menjadikan keadaan menjadi lebih mendukung untuk pertumbuhan anaerob. Dengan habisnya sumber makanan, protein katabolisme menjadi penting bagi kelangsungan hidup mikroflora. Oleh karena itu, pada proses pembusukan akhir, hanya organisme yang menghasilkan protease yang dapat bertahan pada otot ikan, yang menyebabkan dominasi bakteri proteolitik dalam menghancurkan protein makanan termasuk ikan.

1.2.5 Perubahan Rasa

Rasa daging ikan berpengaruh secara signifikan terhadap penerimaan konsumen. Ikan laut segar hampir tidak mengeluarkan bau, karena hanya mengandung sedikit volatil. Segera setelah penangkapan, produk dianggap masih memiliki karakteristik aslinya. Namun, sedikitnya jumlah volatil tidak serta merta dapat dihubungkan dengan kesegaran ikan sebagaimana anggapan pelanggan, karena makan makanan berkualitas merupakan pengalaman yang bersifat subyektif. Selama penyimpanan, aksi enzim endogen dalam jaringan ikan yang telah mati mengakibatkan perubahan rasa. Oksidasi lemak tak jenuh yang sangat cepat di dalam daging ikan merupakan penyebab utama perubahan bau, rasa, warna, tekstur, dan nilai gizi. Oksidasi asam lemak tak jenuh secara enzimatis dan non-enzimatis pada otot ikan menghasilkan variasi karbonil, alkohol, dan lain sebagainya yang menyebabkan perubahan rasa pada ikan.

1.2.6 Perubahan Tekstur (Gambar 5)

Tekstur merupakan parameter yang penting dalam mengukur mutu makanan berbahan daging termasuk ikan. Pada umumnya, ikan memiliki tekstur daging yang lebih lembut dari daging merah karena mengandung jaringan penghubung (*connective tissue*) yang rendah dan jaringan silang (*cross-linking*) yang lebih rendah. Perubahan tekstur daging ikan terjadi terutama karena berubahnya jaringan penghubung oleh protease endogen. Pelunakan dan pelembutan daging dikaitkan dengan hilangnya piringan-piringan Z pada sel otot dengan terlepasnya α -actinin, pemisahan actomyosin kompleks, penghancuran dan denaturisasi total jaringan penghubung. Pencernaan *sarcolema* secara proteolisis yang menghubungkan bagian-bagian struktural yang utama merupakan penyebab utama pelunakan. Protease otot, termasuk *cathepsin D* dan *cathepsin L*, protease yang teraktivasi oleh kalsium (calpain), trypsin, chymotrypsin, alkaline protease, dan kolagenase

1.2.7 Perubahan Warna (Gambar 5)

Masalah lain yang berkenaan dengan mutu yang dihadapi oleh industri makanan hasil laut adalah perubahan warna produk perikanan. Warna dadu atau merah pada kulit sebagian besar ikan memudar selama penyimpanan dingin atau beku yang disebabkan oleh oksidasi pigmen *carotenoid*. Tingkat pudarnya warna kulit ikan

bergantung pada ikan, ketersediaan oksigen, dan suhu ruang penyimpanan. Memudarnya warna *carotenoid* dapat terjadi karena (i) oto oksidasi ikatan ganda yang terkonjugasi, (ii) radikal bebas yang terlepas selama oksidasi lemak yang bergabung bersama *carotenoid* untuk membentuk lemak hidroperoksida, dan (iii) aktivitas enzim. Oksidasi myoglobin yang berwarna merah terang menjadi metmyoglobin yang berwarna coklat dapat terjadi melalui jalur non-enzimatis dan enzimatis.

1.2.8 Melanosis

Pembentukan bintik-bintik hitam atau melanosis adalah masalah yang ditemukan pada kebanyakan udang, lobster, dan jenis-jenis krustasea lain yang diperdagangkan yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap nilai komersial dan penerimaan konsumen terhadap produk tersebut. Melanosis disebabkan oleh mekanisme biokimia yang menyebabkan phenol teroksidasi menjadi *qinin* oleh enzim *polyphenol oxidase* (PPO). *Qinine* bersifat sangat reaktif dan mengalami oksidasi non-enzimatis dan polymerisasi yang menimbulkan pigmen gelap yang memiliki berat molekul yang tinggi. Mencelup hewan bercangkang yang masih segar ke dalam larutan sodium bisulfite secara tradisional dapat mencegah cangkang udang menjadi hitam. Pencelupan selama satu menit di dalam larutan dengan kadar sodium bisulfite sebesar 1,25% biasanya dilakukan, yang memberikan rata-rata 80 ppm sulfite dalam produk makanan. Pembekuan hewan bercangkang yang sudah diolah akan menurunkan kandungan sulfite hingga 17%, sedangkan penyimpanan dengan es selama enam hari akan mengurangi kandungan sulfite hingga kurang dari 10 ppm.

1.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Mutu Ikan

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu produk perikanan sangat banyak jenis dan jumlahnya.

1.3.1 Dampak dari Spesies

Di semua masyarakat, spesies ikan tertentu sangat digemari dan karenanya memiliki tingkat permintaan yang lebih tinggi dan harga yang lebih mahal dari yang spesies lainnya. Sejarah menunjukkan bahwa perilaku berubah dengan sangat perlahan sehingga preferensi semacam ini tetap ada. Preferensi pribadi biasanya dipengaruhi oleh penampilan, rasa, adanya duri-duri kecil, tabu agama, dan kebiasaan masyarakat. Spesies ikan tertentu disukai di satu belahan dunia, tetapi tidak disukai di belahan dunia lainnya. Sotong, misalnya, memiliki harga yang sangat tinggi sebagai makanan di belahan Timur, tetapi di banyak tempat di Amerika Serikat, sotong dianggap berguna sebagai umpan dan sedikit yang digunakan untuk hal lain.

Tingkat pembusukan atau kerusakan bergantung pada spesies. Sudah menjadi fakta yang diketahui secara luas bahwa, ketika didinginkan atau dibekukan, spesies-spesies berlemak seperti ikan sarden dan makarel akan membusuk lebih cepat daripada spesies-spesies tak berlemak seperti ikan kod. Selain itu, kod utuh akan lebih cepat membusuk daripada spesies-spesies tertentu lainnya seperti *halibut* dan *flounder*.

Kandungan lemak ikan laut dapat sangat berbeda-beda sepanjang tahun (Gbr. 1). Gambar tersebut membandingkan kandungan lemak rata-rata ikan haring yang terdampar di Skotlandia Barat dengan kandungan lemak makarel yang terdampar di Inggris Barat daya.

Perbedaan komposisi dalam satu spesies dapat menjadi penyebab adanya pengaruh sekunder dalam hal kualitas. Ketika disimpan di tempat pendingin, ikan tak berlemak dalam kondisi yang buruk jauh lebih cepat membusuk daripada spesimen-spesimen spesies yang sama dalam kondisi baik. Hal ini dapat dijelaskan dengan kandungan glikogen dalam daging. Pada ikan tak berlemak berkualitas rendah, kandungan glikogen yang rendah menyebabkan peningkatan yang setara dalam pH daging. Segera setelah mati, glikogen dalam daging diubah menjadi asam laktat yang menentukan pH daging. Bakteri-bakteri yang menyebabkan pembusukan lebih aktif dalam daging dengan kadar pH lebih tinggi.

pH daging yang rendah juga memiliki dampak yang tidak diinginkan pada kualitas ikan. “Kepucatan” adalah suatu keadaan yang berkembang pada bagian ikan mentah yang dipotong dari ikan yang telah disimpan di es untuk waktu yang lama. Daging ikan terlihat putih dan pucat, seperti ikan yang sudah dimasak. Kondisi tersebut berkembang pada ikan yang pH dagingnya jauh di bawah nilai 6,0 setelah ikan mati.

Spesies-spesies ikan yang ditangkap di perairan bersuhu hangat tersebut disimpan lebih lama dalam es daripada ikan-ikan yang ditangkap di perairan yang bersuhu lebih dingin. Namun, alasan untuk hal tersebut, lebih berhubungan dengan flora bakteri yang tumbuh pada permukaan ikan daripada ikan itu sendiri. Bakteri yang berkembang pada permukaan spesies air dingin bersifat *psychophilic*, yang berarti bahwa mereka lebih tahan terhadap suhu rendah dan mampu menghasilkan perubahan rasa dan bau pada suhu rendah. Bakteri pada ikan dari perairan bersuhu hangat tidak tahan terhadap suhu dingin.

Efek spesies lainnya berkaitan dengan rute migrasi. Spesies-spesies yang bermigrasi pada jarak jauh sebelum ditangkap kemungkinan besar tidak akan berada dalam kondisi fisik yang baik seperti spesies-spesies atau anggota-anggota dari spesies sama yang mengikuti rute yang lebih pendek.

1.3.2 Efek Ukuran

Pada umumnya, ikan besar dari suatu spesies tertentu dijual dengan harga yang lebih tinggi. Konsumen siap untuk membayar lebih untuk udang besar, kepiting, lobster, atau potongan bagian dari ikan besar karena mereka lebih memuaskan secara tampilan dan dari segi tata boga. Namun tidak ada bukti yang menunjukkan bahwa ikan yang lebih besar dari suatu spesies tertentu memiliki rasa yang lebih baik daripada anggota-anggota spesies tersebut yang lebih kecil. Pengolah membayar lebih untuk spesimen yang lebih besar karena persentase bagian yang dapat dimakan lebih tinggi, biaya penanganan per unit beratnya berkurang, lebih tahan lama dalam penyimpanan, dan lebih banyak produk masal yang dapat dibuat dari spesimen tersebut.

Merupakan suatu fakta yang tidak dapat dipungkiri bahwa ikan besar lebih tahan lama dalam penyimpanan daripada ikan kecil. Salah satu dari mekanisme pembusukan utama adalah penetrasi mikroorganisme dari permukaan ke bagian dalam ikan. Ikan yang lebih besar memiliki rasio lebih kecil antara permukaan terhadap volume sehingga pada periode waktu yang sama, sehingga lebih sedikit dari bagian dalam ikan berukuran lebih besar yang terkena dampaknya. Selain itu, isi perut ikan besar seperti kod, tuna dan salmon umumnya dikeluarkan di atas kapal penangkap ikan. Spesies-spesies yang terlalu kecil atau terlalu banyak untuk dikeluarkan isi perutnya di atas kapal mungkin hanya disimpan utuh. Pengeluaran isi perut ikan di atas kapal memiliki dua keuntungan (i) membuang isi perut secara signifikan mengurangi degradasi yang disebabkan oleh aktivitas enzim dan mikroba yang biasanya berlangsung dalam usus dan perut, dan (ii) lebih sedikit penanganan ikan yang diperlukan setelah ikan tersebut mencapai pantai. Ikan-ikan tersebut dapat ditempatkan di dalam lemari pendingin segera setelah isi perutnya dikeluarkan dan tidak perlu dipindahkan dari lemari pendingin untuk pengeluaran isi perut selanjutnya.

Efek ukuran lainnya adalah pada pH daging. Ikan kecil dari suatu spesies tertentu cenderung memiliki pH pasca kekakuan yang lebih tinggi daripada ikan dari spesies yang sama yang berukuran lebih besar, sehingga menyebabkan aktivitas bakteri yang lebih besar.

1.3.3 Jarak ke pelabuhan

Seberapa cepat ikan dikeluarkan isi perutnya dan ditempatkan ke dalam lemari pendingin mungkin berkaitan dengan jarak yang harus ditempuh kapal dari pelabuhan asal ke tempat penangkapan ikan. Pengeluaran isi perut umumnya berlangsung dengan cepat di atas kapal-kapal buatan pabrik yang menempuh jarak jauh dari pelabuhan dan dapat berada di atas laut selama beberapa minggu sekaligus. Namun di atas kapal-kapal yang lebih kecil yang tidak memiliki kapasitas untuk pengeluaran isi perut yang baik dan penyimpanan setelahnya, ikan-ikan hanya dimuat dalam keadaan utuh sampai kapal tersebut mencapai pelabuhan. Seringkali, periode waktu tersebut dapat berlangsung beberapa hari sehingga memberikan waktu yang cukup banyak bagi bakteri dan enzim dalam usus untuk bekerja.

Persoalan jarak dari tempat penangkapan ikan ke pelabuhan lebih nyata pada wilayah-wilayah tropis dan subtropis dibanding pada iklim yang lebih dingin. Suhu udara yang lebih panas meningkatkan tingkat penurunan kualitas, khususnya apabila hasil tangkapan ditumpuk di atas geladak dengan sedikit atau tanpa es untuk menjaganya tetap dingin. Sengatan sinar matahari dengan cepat menjadikan ikan terlalu panas dan mempercepat perubahan pasca kematian. Tingkat di mana perubahan terjadi bergantung pada rentang waktu penyimpanan dengan cara ini, suhu, dan spesies tersebut.

1.3.4 Tempat Penangkapan Ikan

Lokasi tempat penangkapan ikan memiliki peran tidak langsung pada kualitas produk perikanan. Dalam suatu spesies, rasa mungkin berbeda dari satu tempat penangkapan ikan dengan tempat penangkapan ikan berikutnya dan juga mungkin berbeda dari satu musim ke musim berikutnya, bergantung pada sifat makanannya dan kondisi fisiologis spesies yang bersangkutan. Tidak dipilihnya tempat penangkapan ikan tertentu pada berbagai waktu pada sepanjang tahun dapat menghindarkan banyak masalah.

Angin, gelombang, kondisi air, dan pola migrasi juga berpengaruh pada kondisi dan kualitas ikan sebelum panen. Faktor-faktor tersebut berpengaruh pada jenis dan kelimpahan organisme makanan yang tersedia, yang dapat mempengaruhi kesehatan dan kondisi ikan.

1.3.5 Efek Jenis Kelamin dan Proses Bertelur

Untuk tujuan-tujuan tertentu, jantan dan betina dari spesies yang sama dapat memiliki nilai yang berbeda. Bahkan telur dari beberapa ikan tertentu dapat dinilai sebagai suatu komoditas dan ikan-ikan tersebut dihargai hanya karena alasan tersebut.

Jenis kelamin memainkan peranan besar dalam kualitas segera setelah proses bertelur. Betina dari spesies tertentu dapat berada dalam kondisi fisik yang buruk segera setelah bertelur yang memiliki kualitas yang sangat rendah. Akan tetapi, dalam beberapa spesies seperti salmon, kedua jenis kelamin dapat berada dalam kondisi buruk setelah proses bertelur. Tepat sebelum dan selama proses bertelur, cadangan makanan dalam daging dialihkan untuk perkembangan kelenjar kelamin. Selama proses bertelur, dan untuk beberapa periode setelahnya, sebagian besar ikan tidak makan. Akibatnya adalah daging mereka menjadi kehabisan lemak, protein, dan karbohidrat, dan ikan-ikan tersebut berada dalam kondisi buruk. Begitu ikan-ikan tersebut kembali makan, mereka biasanya memulihkan kondisi makanan mereka kecuali mereka telah menjadi terlalu lemah selama proses bertelur.

Bahkan pada spesies laut dan berlemak seperti sarden, haring, dan makarel, perubahan kualitas yang disebabkan proses bertelur terlihat lebih nyata. Antara periode tidak makan setelah proses bertelur dan dilanjutkannya pemberian makan, kandungan lemak ikan haring dapat beragam mulai kurang dari 1% sampai lebih dari 25% (Gbr. 1). Selama perubahan dalam kandungan lemak tersebut, berat ikan secara keseluruhan terjaga cukup konstan oleh penurunan yang setara dalam kandungan air. Karena kandungan lemak yang tinggi dalam spesies-spesies ini diperlukan untuk pengalengan dan pengasapan, ikan dalam kondisi pasca proses bertelur seringkali tidak dikehendaki untuk proses-proses tersebut. Perubahan dalam komposisi daging sebagai akibat dari aktivitas bertelur terlihat jelas pada semua spesies, walaupun kurang terlihat dalam beberapa kerang dimana perubahan kandungan glikogen terlihat nyata.

1.3.6 Ikan yang Secara Alami Beracun

Sebagian besar makanan dari ikan aman untuk dimakan, namun ada spesies-spesies yang secara alami beracun, baik seluruhnya atau sebagian, dan dapat menyebabkan penyakit atau kematian apabila dimakan. Sebagian besar ikan beracun ditangkap di wilayah-wilayah tropis atau subtropis di dunia, dan hanya dalam wilayah-wilayah tersebut tindakan pengendalian, apabila ada, harus diterapkan. Ikan yang secara alami beracun disebut sebagai “biotoksin” yang berlawanan dengan ikan dan kerang yang dapat menjadi beracun melalui kontaminasi bahan kimia atau polutan.

Terdapat tiga jenis racun utama pada ikan atau kerang: *ciguatera*, keracunan ikan buntal, dan keracunan ubur-ubur yang menyebabkan kelumpuhan.

1.4 Pembusukan Ikan

Pembusukan dimulai segera setelah ikan mati. Mengapa ikan menjadi busuk? Jawabannya tidak mudah. Ada tiga cara dasar pembusukan pada ikan: yang berkaitan dengan mikroba, enzim dan kimia.

1.4.1 Pembusukan Mikroba

Dengan bantuan aktivitas enzim, pembusukan mikroba sejauh ini merupakan cara utama pembusukan pada ikan-ikan dan kerang-kerangan yang didinginkan. Ada beberapa jenis mikroorganisme yang dapat menyebabkan pembusukan, namun salah satu mikroorganisme yang menjadi perhatian utama adalah bakteri. Sebagian besar bakteri biasanya terdapat pada lendir permukaan, pada insang, dan usus ikan yang masih hidup. Bakteri tersebut biasanya tidak berbahaya bagi ikan-ikan yang sehat dan hidup karena pertahanan alami ikan-ikan tersebut menjauhkan mereka dari bahaya, namun segera setelah mati, bakteri dan enzim yang dikeluarkan oleh ikan-ikan tersebut mulai menyerang jaringan sepanjang kulit, dan sepanjang lapisan rongga perut. Bakteri juga memasuki daging melalui setiap tusukan atau luka yang terbuka. Hal tersebut merupakan satu alasan mengapa sangat penting bahwa ikan ditangani dengan hati-hati di atas kapal penangkap ikan dan tidak ditusuk atau ditangani dengan garpu rumput atau alat tajam lainnya yang dapat menusuk daging ikan tersebut.

Bakteri mengeluarkan getah pencernaan, enzim yang merusak dan menghancurkan jaringan yang diserang oleh bakteri tersebut. Bakteri pada daging menyebabkan perubahan bau dan rasa yang pada mulanya terasa “masam”, “beraroma seperti rumput”, atau “asam”. Bau dan rasa ini dapat secara bertahap berubah menjadi “pahit” atau “sulfida” dan dapat berubah menjadi amonia pada tahap-tahap akhirnya. Selain perubahan bau dan rasa, bakteri menyebabkan perubahan tampilan dan ciri fisik ikan. Lendir pada kulit dan insang dapat berubah dari yang biasanya tampak jernih dan berair menjadi keruh dan kehitaman. Warna kulit ikan hilang dan menjadi tampak pucat dan pudar. Lapisan perut menjadi pucat dan hampir lepas dari dinding bagian dalam tubuh.

Flora bakteri pada ikan dipengaruhi oleh sejumlah faktor seperti musim dan lingkungan. Spesies ikan berbeda yang ditangkap pada lokasi yang sama selama musim yang sama memiliki flora bakteri yang sama, namun ikan dari spesies sama

yang ditangkap di lingkungan yang berbeda terkadang memiliki flora yang sangat beragam. Flora yang terdapat pada ikan mencerminkan flora di perairan di mana ikan tersebut ditangkap.

Pembusukan bakteri pada ikan tidak dimulai sampai dimulainya kaku otot setelah ikan mati ketika enzim dikeluarkan dari serat daging. Oleh karena itu kekakuan lambat akan memperpanjang waktu penyimpanan ikan. Kekakuan otot dipercepat oleh perlawanan yang dilakukan oleh ikan, kurangnya oksigen, dan suhu yang lebih tinggi. pH rendah dan pendinginan yang tepat akan memperlambat mulainya kekakuan otot. pH daging ikan juga penting karena semakin rendah pH, semakin lambat pula proses penguraian bakteri. pH daging ikan menurun karena konversi glikogen daging menjadi asam laktat.

Ikan dapat membusuk baik dari permukaan bagian dalam maupun luarnya. Permukaan dalam paling sering menjadi tempat masuknya bakteri adalah insang. Insang bersifat lunak dan lembab, menjadi tempat yang ideal bagi bakteri untuk tumbuh. Di sini bakteri tumbuh dengan cepat yang menyebabkan perubahan bau dan perubahan warna. Kondisi insang sering digunakan sebagai indikator dari tahap pembusukan ikan. Insang yang berubah warna dan berlendir merupakan indikasi buruknya kualitas ikan. Dari insang, bakteri melewati sistem pembuluh darah, melewati ginjal, dan masuk ke dalam daging.

Bakteri pada permukaan luar ikan berada di dekat bagian-bagian yang biasanya dijadikan filet dibanding dengan bakteri pada usus. Oleh karena itu, daging dapat terserang bakteri permukaan jauh sebelum bakteri masuk melalui dinding usus. Selain itu, kulit memiliki lebih banyak wilayah kontak dengan bagian yang difilet dibandingkan dengan dinding usus. Jumlah bakteri dalam lendir dan pada kulit ikan yang baru ditangkap dapat berjumlah jutaan per sentimeter persegi. Mencuci ikan seringkali mengurangi jumlah bakteri permukaan hingga 80 sampai 90%.

Ikan-ikan juga dapat terkontaminasi dari luar karena didinginkan dengan menggunakan es yang tidak bersih. Es yang tidak dicuci dapat mengandung jutaan bakteri per gram es tersebut. Ikan-ikan juga dapat terkena banyak bakteri dari geladak kapal, dari para nelayan yang menangani mereka, dan dari kurungan-kurungan dimana ikan-ikan tersebut disimpan dalam geladak kapal. Mereka dapat terkena bakteri tambahan ketika dibersihkan dari permukaan tempat kerja atau dari orang-orang yang melakukan pembersihan tersebut.

Daging ikan mengandung banyak nitrogen nonprotein (Gbr. 11). Enzim alami ikan menghasilkan perubahan otolisis yang meningkatkan persediaan makanan bernitrogen, seperti *amines* dan asam amino, dan glukosa untuk perkembangbiakan bakteri. Bakteri tersebut kemudian mengubah senyawa ini menjadi *trimethylamine* (TMA), amonia, *amines*, dan aldehida. Produk-produk akhirnya dapat berupa hidrogen sulfida dan sulfida lainnya, *mercaptans*, dan *indole*, produk-produk yang menunjukkan pembusukan. Pada banyak spesies laut yang mengandung senyawa *trimethylamine* oksida (TMAO) yang tidak berbau, satu reaksi yang nyata adalah

pengurangannya menjadi TMA (Gbr. 11). Reaksi tersebut dicirikan dengan adanya bau seperti amonia, namun dalam kombinasi dengan senyawa lainnya dapat menimbulkan bau “amis”. Pengurangan bertahap pada TMAO dan peningkatan yang bersamaan pada TMA telah digunakan sebagai ukuran pembusukan secara kimia pada beberapa ikan laut. Ikan air tawar tidak mengandung TMAO, maka dari itu, digunakan ukuran kesegaran lain bagi spesies-spesies tersebut.

1.4.2 Pembusukan Enzim (otolisis, Tabel 5 dan 6, Gbr. 3 dan 6)

Ketika ikan masih hidup, biasanya keseimbangan enzim terjaga dengan bantuan pencernaan sistem-sistem peredaran darah. Enzim tersebut tetap aktif setelah matinya ikan dan terutama terlibat dalam perubahan rasa yang berlangsung selama beberapa hari pertama penyimpanan sebelum pembusukan bakteri menjadi nyata. Dalam waktu singkat, aktivitas enzim juga dapat mengubah tekstur dan tampilan daging.

Ketika ditangkap atau dipanen, perut ikan dan kerang biasanya mengandung makanan dan enzim yang kuat. Pada saat hewan tersebut mati, enzim-enzim masuk ke dalam dinding usus dan daging sekitarnya, memperlemah dan memperlunak mereka. Kemudian usus dan daging dapat terserang oleh bakteri pembusuk. Dalam industri kapal penangkap ikan, isi perut ikan demersal seperti kodu dan flatfish biasanya dikeluarkan sebelum dicuci dan disimpan di atas kapal, sehingga mengurangi masalah. Isi perut ikan laut kecil, yang biasanya ditangkap dalam jumlah banyak, umumnya tidak dikeluarkan, oleh karena itu pembusukan terjadi dengan lebih cepat.

Enzim-enzim memainkan peranan dalam perkembangan kekakuan otot setelah kematian, yang merupakan kakunya otot secara bertahap beberapa jam setelah kematian. Efek kaku tersebut merupakan akibat dari pengentalan protein daging. Durasi dan intensitas kekakuan otot tergantung pada spesies, suhu, dan kondisi ikan. Biasanya hal tersebut berlalu sebelum bakteri menyerang daging, membuat daging menjadi lunak dan lemas. Setelah kekakuan otot, proses mencerna sendiri (otolisis) dimulai sebagai akibat dari aktivitas enzim. Proses mencerna sendiri berarti bahwa ikan benar-benar memakan dirinya sendiri. Hal tersebut dapat berlangsung sangat cepat, khususnya pada ikan berlemak yang lebih kecil yang mungkin penuh dengan makanan pada saat penangkapan. Enzim usus khususnya sedang aktif pada saat tersebut. Suatu fenomena yang dikenal sebagai “pecahnya perut ikan” dapat terjadi hanya dalam beberapa jam pada beberapa ikan seperti sarden dan haring, dan disebabkan oleh melemahnya dinding perut oleh karena proses mencerna sendiri. Tingkat proses mencerna sendiri bergantung pada suhu dan dapat diperlambat, meskipun tidak dapat dihentikan sepenuhnya dengan mendinginkan ikan tepat di atas titik beku. Aktivitas enzim dapat dihentikan dengan pemanasan dan dapat dikendalikan hingga ke tingkat yang signifikan dengan metode lainnya, seperti penggaraman, penggorengan, pengeringan dan pengasinan.

Proses kakunya otot setelah kematian pada ikan memiliki beberapa keterkaitan dengan penanganan dan pengolahannya. Pada beberapa spesies, daging mereka

cenderung berkontraksi di bawah tekanan, yang menyebabkan rusaknya jaringan. Efek tersebut dapat terlihat pada ikan-ikan yang telah ditangani dengan tidak tepat, sehingga dagingnya rusak dan hancur. Apabila daging-daging tersebut dipotong sebelum atau selama kaku otot, mereka akan berkontraksi dan mungkin mendapatkan tekstur elastis. Perlu ditekankan bahwa walaupun suhu tempat penyimpanan yang rendah banyak memperlambat mekanisme pembusukan enzim, mekanisme tersebut tidak dapat dihentikan seluruhnya.

1.4.3 Pembusukan Kimia (Tabel 2-4 dan 6)

Minyak dan senyawa lemak tak jenuh (lipid) yang terkandung dalam daging ikan dan jaringan lainnya dapat mengalami perubahan sewaktu ikan tersebut sedang disimpan, dan menghasilkan bau amis, perubahan rasa, dan perubahan warna. Mikroorganisme dan enzim-enzimnya dapat terlibat dalam oksidasi lemak, namun otooksidasi, kombinasi lemak dengan oksigen lebih umum terjadi. Biasanya ikan memiliki tingkat perubahan lemak menjadi lemak tidak jenuh yang lebih tinggi dibanding dengan makanan lainnya dan, oleh karena itu, menjadi lebih rentan terhadap oksidasi bau amis. Ketika bau amis telah terbentuk, ikan memiliki bau dan rasa minyak biji rami atau cat.

Spesies tidak dapat disangkal merupakan faktor paling penting dalam menentukan kadar bau amis pada ikan. Ikan yang memiliki kandungan lemak dan air yang tinggi memiliki jangka waktu penyimpanan beku yang relatif pendek karena kerentanan ikan terhadap oksidasi bau amis. Tuna, makarel, haring, dan beberapa spesies salmon masuk ke dalam kategori ini. Akan tetapi, ada spesies tertentu seperti *sablefish* (*Anompllopoma fimbria*), yang cukup tahan terhadap oksidasi bau amis walaupun spesies tersebut memiliki kandungan minyak yang tinggi.

Faktor-faktor lain mempengaruhi kerentanan suatu spesies tertentu terhadap perubahan oksidasi. Bahkan dalam spesies yang sama, ikan kecil cenderung membusuk lebih cepat daripada ikan besar. Tampaknya hal tersebut disebabkan karena bakteri permukaan mampu menggunakan lebih banyak pengaruhnya pada spesies yang lebih kecil. Tingkat oksidasi juga dapat dipengaruhi oleh kondisi ikan ketika ditangkap, makanan, musim, tempat penangkapan ikan, dan perkembangan seksual, serta teknik-teknik yang digunakan setelah ikan ditangkap: pengeluaran darah, pengeluaran isi perut, pendinginan, dan penyimpanan.

Warna minyak dan lemak yang secara alami muncul pada ikan beragam mulai dari yang tidak bewarna pada ikan haring, lalu kuning, hingga merah pada salmon. Warna dapat juga beragam pada makanan. Minyak ikan yang mengandung lemak tak jenuh yang tinggi akan beroksidasi secara bertahap dan berubah menjadi kuning, kecuali dilindungi dengan kuat. Ikan haring memiliki lapisan minyak tepat di bawah kulit yang akan berubah menjadi kuning pada kondisi penyimpanan yang buruk.

Perubahan kimia besar lainnya yang terjadi selama penyimpanan dingin adalah hilangnya protein miofibrilar. Ketika hal tersebut terjadi, ikan secara bertahap menjadi keras, kering dan berserat. Perubahan-perubahan tersebut dapat lebih terlihat

setelah proses memasak. Pigmen warna yang utama pada daging ikan adalah hemoglobin dalam darah dan mioglobin dalam jaringan sel, bagian berwarna gelap pada daging mengandung lebih banyak pigmen dari bagian yang berwarna terang. Darah pada ikan segar berwarna merah terang. Warna merah dari hemoglobin berubah menjadi merah-kecoklatan dan kemudian menjadi coklat. Baik hemoglobin dan mioglobin mengalami hal yang sama.

1.5 Pengendalian Atas Penurunan Kualitas

Ada tiga cara utama untuk memperlambat penurunan kualitas pada ikan: kehati-hatian dalam penanganan, kebersihan, dan menjaga produk tetap dingin (Gbr. 12). Pentingnya kehati-hatian dalam penanganan tidak dapat dipungkiri karena bakteri pembusuk dapat masuk melalui sayatan dan abrasi yang terjadi selama penanganan, sehingga mempercepat pembusukan. Penanganan yang tepat akan menjamin kualitas produk yang lebih segar dan tinggi.

Kebersihan merupakan hal penting karena dua alasan. Pertama, dengan menghilangkan lendir dan membuang isi perut ikan, sumber-sumber pencemaran bakteri yang utama hilang. Kedua, penanganan ikan secara higienis menjamin bahwa ikan tidak akan tercemar dari sumber-sumber luar. Hal tersebut berarti menjaga kebersihan kapal: membersihkan wilayah geladak dan penyimpanan, serta papan, kurungan, dll. yang mungkin mengalami kontak dengan ikan. Es yang digunakan untuk mendinginkan ikan harus bersih. Uji bakteri atas es pada palka kapal penangkap ikan menunjukkan jumlah bakteri sebanyak lima milyar bakteri per gram es. Es harus disimpan di tempat yang bersih dan harus dibuang pada akhir setiap perjalanan, termasuk setiap es yang tidak digunakan.

Cara yang paling penting untuk memperlambat penurunan kualitas adalah dengan menurunkan suhu ikan secepat mungkin dan menjaganya tetap rendah. Ikan mulai membusuk pada saat mereka mati, oleh karena itu, kelalaian bahkan dalam perjalanan penangkapan ikan yang singkat, terkadang dapat menyebabkan kualitas yang buruk setelah beberapa jam saja. Suhu merupakan faktor yang paling penting yang mengendalikan degradasi mengingat perkembangbiakan bakteri dan perubahan kimia bergantung pada suhu. Dengan menurunkan suhu secara memadai, perkembangbiakan bakteri dapat dihentikan seluruhnya, sedangkan perubahan enzim diperlambat secara signifikan. Dengan cara tersebut jangka waktu penyimpanan atau daya tahan dapat ditingkatkan secara dramatis.

1.5.1 Persiapan Ikan Sebelum Penyimpanan

Pendinginan ikan dan kerang, yaitu mengurangi suhu tanpa pembekuan, dapat dicapai dengan penggunaan es atau pendinginan dengan mesin. Untuk ikan-ikan yang akan dikeluarkan isi perutnya di atas kapal penangkap ikan, pengolahan dini penting untuk mengurangi risiko pembusukan yang disebabkan oleh aktivitas bakteri dan enzim. Apabila sesuai, langkah-langkah berikut digunakan dalam mempersiapkan ikan sebelum pendinginan: penyortiran, pengeluaran isi perut, pengeluaran darah dan pencucian.

1.5.1.1 Penyortiran

Ketika memilih ikan untuk diolah, penting bahwa spesies tersebut dipisahkan. Selanjutnya, spesies yang berdaging lunak harus dipilih. Sebagai contoh, *whitting* (*Merlangius merlangus*) dan *haddock* (*Melanogrammus aeglefinus*) harus dipilih sebelum ikan kod dan ikan bertubuh pipih. Selain itu, ikan yang lebih kecil juga harus dipisahkan terlebih dahulu dari ikan yang berukuran lebih besar.

1.5.1.2 Pengeluaran Isi Perut

Praktik pengeluaran isi perut, yang juga dikenal sebagai *evisceration*, adalah pembuangan usus dan rongga perut. Tujuan pengeluaran isi perut adalah untuk menyingkirkan bagian utama perantara yang menyebabkan pembusukan, misalnya, bakteri dan enzim.

Ketika mengeluarkan isi perut, gunakan sebuah pisau yang bersih dan tajam untuk menghasilkan potongan yang bersih. Ikan dibelah dari bagian kerongkongan sampai ke saluran pembuangan, namun tidak melebihi saluran pembuangan sampai daging ekor. Semua isi dari rongga usus harus dibuang tanpa membiarkannya menyentuh yang belum dikeluarkan isi perutnya.

Apabila ikan yang berada di atas geladak sedang menunggu pelaksanaan pengeluaran isi perut, berikan sedikit es harus disekop di atasnya untuk meminimalkan pembusukan. Merupakan ide yang baik pula untuk menggunakan selang geladak untuk menyemprot ikan guna membersihkan kelebihan lendir, organisme, dan sebagainya.

1.5.1.3 Pengeluaran Darah

Setelah dikeluarkannya isi perut, darah ikan harus dibersihkan. Mengeluarkan darah spesies berdaging putih menghasilkan filet yang lebih putih yang lebih diterima oleh konsumen. Konsumen yang membeli ikan putih dingin di belahan Eropa menginginkan dagingnya berwarna sangat pucat. Adanya gumpalan darah, bercak-bercak gelap, atau berubahnya seluruh daging menjadi gelap mengurangi daya jual.

Darah ikan tetap cair sekitar 30 menit pada suhu yang tepat diatas beku dan cenderung menggumpal dengan cepat setelah waktu tersebut dan sebelum berada pada suhu yang lebih tinggi. Oleh karena itu, ikan harus didinginkan segera setelah penangkapan, dikeluarkan darahnya dalam waktu 30 menit, dan darahnya dibiarkan keluar dengan sendirinya setelah itu. Perbaikan warna pada spesies berdaging gelap dapat diperoleh dengan pengeluaran darah.

1.5.1.4 Pencucian

Ikan harus dicuci secara seksama setelah pengeluaran isi perut dengan menggunakan air tawar atau air laut. Pencucian menyingkirkan sisa-sisa darah dan isi perut dan beberapa bakteri dari kulit. Selain itu, pencucian menyingkirkan beberapa lapisan lendir dari ikan, yang menjadi media perkembangbiakan yang baik bagi bakteri selama penyimpanan. Air yang kotor harus dibuang dari ikan

setelah pencucian. Pisau-pisau, peti kemas, geladak, perlengkapan, dan lambung kapal harus dibersihkan setelah pelaksanaan pengeluaran darah dan pencucian untuk menghindari pencemaran kembali terhadap ikan yang telah dicuci.

Kebersihan ruang ikan juga harus dipertimbangkan. Pekerjaan sebelumnya yaitu pengeluaran isi perut dan pencucian ikan dengan seksama akan tidak ada gunanya apabila ruang ikan sangat terkontaminasi oleh bakteri. Ruang ikan harus dibersihkan dan diberi disinfektan secara berkala. Papan-papan, rak-rak, dan peti-peti harus dibersihkan secara higienis sebelum setiap pemakaian. Personil yang bekerja dalam wilayah pembersihan ikan harus mempraktikkan kebersihan pribadi yang ketat.

1.5.2 Penggunaan Es

Es air tawar terus memainkan peranan utama dalam mendinginkan ikan di atas kapal karena manfaat yang ditawarkannya. Desain dan pengoperasian ruang ikan dan area penyimpanan di mana es digunakan tidaklah rumit. Es berkualitas baik memberikan penyimpanan yang bersih, lembab, dan berudara untuk ikan. Es tidak berbahaya, dapat dipindahkan, tidak mahal, dan, karena ia mencair pada tingkat tertentu, sejumlah tingkat pengendalian dapat dipertahankan atas suhu ikan. Es juga memainkan peran penting dalam mencegah dehidrasi ikan selama penyimpanan.

Pelapisan ikan dengan es memiliki dua fungsi. Pertama, pendinginan ikan hingga ke suhu yang tepat di atas beku ($0 - 2^{\circ}\text{C}$) memperlambat pembusukan bakteri dan enzim. Harus ditegaskan bahwa pelapisan es bukanlah obat termanjur untuk menghilangkan perubahan pada kualitas, namun pelapisan es memberikan banyak sekali perlindungan dari aktivitas bakteri. Efek aktivitas bakteri sangat beragam, tergantung pada spesies, bentuk dimana ikan disimpan, dan metode yang digunakan untuk mempertahankan kualitas. Beberapa ikan yang ditangkap dekat pantai dan terdampar pada hari yang sama dapat disimpan pada kapal dalam kondisi tidak dikeluarkan isi perutnya tanpa es. Sebagian lainnya dapat dikeluarkan isi perutnya tetapi tidak diberi es. Untuk ikan dalam keadaan utuh tersebut, pencucian dengan air bersih, penyimpanan dalam peti kemas yang bersih, pengurangan paparan tekanan, dan perlindungan segera dari sinar matahari yang panas dan suhu udara yang hangat akan banyak mencegah aktivitas bakteri. Ikan yang dikeluarkan isi perutnya harus diperiksa untuk menjamin bahwa semua isi perut telah dibersihkan dari rongga usus, dicuci secara seksama, dan secepatnya dilindungi dari matahari dengan rongga perut menghadap ke bawah agar air cucian terbuang dengan sendirinya.

Fungsi es yang kedua adalah bahwa es yang mencair yang mengalir menghilangkan darah, bakteri, lendir, dan sebagainya. Hal tersebut penting dari segi kualitas, namun, pembuangan yang baik penting di manapun ikan disimpan pada es agar mereka tidak berada pada es yang mencair yang terkontaminasi.

Pentingnya pelapisan es dengan segera dan tepat tidak dapat dipungkiri. Semakin lama penundaan sebelum ikan didinginkan pada suhu penyimpanan yang sesuai, semakin cepat pembusukan bakteri terjadi dan semakin pendek jangka waktu

penyimpanannya. Perkembangbiakan bakteri mengalami tahap penundaan dimana durasinya meningkat ketika suhu ikan diturunkan (Gbr. 13 dan 14).

Idealnya, setiap ikan harus bersentuhan sepenuhnya dengan es agar suhunya turun secepat mungkin dan terjaga agar tetap rendah. Segera setelah es ditaruh pada ikan yang suhunya lebih hangat, panas mengalir dari ikan ke es, dan mencairkannya. Pada akhirnya titik keseimbangan tercapai ketika ikan dan es berada dalam suhu yang sama. Karena sebagian besar tubuh ikan mengandung air, es yang mencair akan menjaga ikan yang bukan ikan laut sedikit di atas suhu 0°C, titik dimana mereka mulai membeku. Sebaliknya, ikan laut mengandung garam yang menekan titik beku mereka hingga antara -1 dan -1°C (Tabel 10).

Pelapisan es pada ikan dengan baik sangat penting untuk menjaga jumlah bakteri tetap rendah. Jumlah es bersih yang cukup harus digunakan agar setiap ikan masing-masing dikelilingi dengan es. Hal tersebut penting untuk memastikan bahwa suhu ikan akan turun dengan cepat dan tetap berada sedekat mungkin dengan titik cair es selama durasi perjalanan. Es dan ikan harus diatur agar darah, bakteri, lendir, dll. dapat mengalir turun melalui tumpukan dan terkumpul di lambung kapal. Ikan tidak boleh terpapar tekanan ekstrim dari berat ikan dan es di atasnya untuk menjaga penyusutan dan penurunan berat pada angka yang minimum. Rongga usus dari ikan yang dikeluarkan isi perutnya harus diisi dengan es dan diletakkan dengan mengarah ke bawah untuk memungkinkan pembuangan yang tepat. Ikan harus ditempatkan dalam lapisan-lapisan; yang tidak terlalu tebal, berselang-seling dengan lapisan es. Apabila lapisan es terlalu tebal, lebih banyak waktu yang akan diperlukan untuk mendinginkan tumpukan ikan. Pekerjaan pelapisan es yang baik telah dilakukan apabila ada tersedia sisa es yang memadai pada akhir perjalanan dan suhu seluruh muatan terjaga dalam suhu yang tidak lebih dari 2°C.

Jumlah es yang digunakan di atas kapal sangat bergantung pada lokasi geografis dan lamanya perjalanan penangkapan ikan. Di wilayah Antartika, sebagai contoh, disarankan agar rasio ikan terhadap es sebesar 2:1 menurut beratnya. Rasio tersebut cukup untuk memungkinkan es untuk dapat menangani pertambahan panas dari ikan, dari udara dalam ruangan, dan dari sumber-sumber di luar ruang ikan. Di wilayah-wilayah tropis, rasio ikan terhadap es disarankan sebesar 1:1 menurut beratnya.

Semua berat badan ikan berkurang selama penyimpanan. berkurangnya cairan atau berkurangnya “tetesan”, mencapai 5 hingga 10% dari berat tubuh ikan kod, dalam sejumlah kasus, untuk ikan-ikan yang disimpan dalam es selama 10 hari atau lebih. Cairan berkurang secara perlahan dari jaringan-jaringan dan turut membawa senyawa-senyawa rasa, yang menyebabkan berkurangnya rasa secara umum.

Tiga metode utama penyimpanan dengan es dalam penggunaan secara umum: penyimpanan dalam jumlah besar, penyimpanan dalam rak dan pemetian. Aspek kualitas dari masing-masing metode berbeda-beda.

1.5.2.1 Penyimpanan Dalam Jumlah Besar

Dalam penyimpanan dalam jumlah besar, ikan disimpan pada palka kapal dalam papan atau kurungan yang dipisahkan oleh papan pemisah. Ikan dan es dicampur agar setiap ikan sepenuhnya dikelilingi dengan es untuk menjamin jangka waktu penyimpanan yang maksimal. Ikan yang saling bersentuhan tidak akan menjadi dingin dengan cepat dibanding bila setiap ikan sepenuhnya dikelilingi es. Selain itu, ketika ikan disimpan agar ikan bersentuhan antara satu dengan yang lain, dengan bagian ujung tumpukan atau sisi peti, udara tidak dapat masuk. Beberapa bakteri anaerob mampu menghasilkan bau busuk yang dapat menyebar dengan cepat ke seluruh daging ikan. Ikan tak berlemak dan juga ikan berlemak dapat mengalami masalah tersebut. Ikan yang dikelilingi es dengan baik tidak menjadi busuk dengan cara ini karena terdapat banyak kantong udara yang terperangkap di antara partikel es.

Pada penyimpanan dalam jumlah besar, kedalaman tumpukan tidak boleh lebih dari 40 cm untuk ikan kod karena ikan-ikan di bagian bawah dapat hancur dan mengalami penurunan berat yang besar karena kehilangan cairan. Ikan kod dan haddock yang disimpan pada kedalaman 1 m kehilangan sebanyak 10% dari berat mereka pada periode penyimpanan selama 14 hari. Dengan beberapa spesies, kedalaman penyimpanan yang disarankan adalah kurang dari 40 cm. Ikan berlemak yang berukuran kecil seperti haring, sarden, dan spesies yang terkait tidak dapat bertahan dengan baik apabila disimpan dalam jumlah besar dalam es karena ikan tersebut sangat mudah hancur.

Pada penyimpanan dalam jumlah besar, ikan dan es dicampur agar setiap ikan bersentuhan dengan es dan bukan dengan ikan lain atau papan pemisah. Rak-rak pendukung harus diberi ruang pada jarak tidak lebih dari 0,5 m. Sebuah lapisan es setebal 5 cm harus memisahkan ikan dari rak, baik di atas maupun di bawahnya. Sebuah lapisan es juga harus memisahkan ikan dari sisi-sisinya. Rak-rak tidak boleh diisi terlalu penuh dan perhatian harus diberikan untuk memastikan bahwa rak-rak tersebut bersandar pada penopangnya, dan bukan pada tumpukan ikan dan es yang berada tepat di bawahnya. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah hancurnya ikan. Gbr. 18 menggambarkan beberapa praktik yang tidak tepat yang seharusnya tidak boleh dilakukan ketika menumpuk ikan. Rak ikan dan es ditambahkan sampai area penyimpanan penuh. Lapisan es setebal 10 sampai 15 cm harus menutup bagian ikan-ikan yang paling atas untuk melindungi mereka dari geladak yang suhunya lebih hangat di atas.

Bagian bawah ruang ikan harus ditutup dengan lapisan es setebal 10 hingga 15 cm. Ketebalan es yang sebenarnya bergantung pada seberapa baik isolasi ruang ikan tersebut, lamanya perjalanan, dan suhu di luar ruang ikan. Ketebalan lapisan bawah harus ditambah apabila lantai ruangan terbuat dari besi atau apabila ruangan tidak terisolasi. Es yang digunakan tidak cukup apabila tidak ada lagi sisa es antara ikan dan papan pemisah lantai ketika kapal dikosongkan. Apabila hal demikian terjadi, , lapisan ikan-ikan bagian bawah akan menjadi hangat dan mungkin sudah busuk.

Tumpukan ikan sulit diturunkan karena membutuhkan tenaga buruh yang besar, dan terdapat mekanisasi yang terbatas. Prosedur yang paling umum dilakukan adalah memisahkan ikan dan es di atas kapal, memuat ikan ke dalam peti-peti, dan menaikkan mereka ke darat. Es dibuang dari kapal. Mesin pengangkut berjalan yang memisahkan ikan dari es secara otomatis sekarang lebih banyak digunakan. Kapal-kapal juga dirancang agar seluruh ruangan dapat diangkat dan ditempatkan di darat. Tumpukan ikan seringkali ditangani secara tidak tepat ketika dikeluarkan dari ruang ikan ke sejenis peti kemas untuk dipindahkan ke darat. Seringkali ikan menjadi rusak oleh kait, garpu rumput, dan berada dalam jangka waktu yang panjang tanpa es.

1.5.2.2 Penyimpanan Dengan Rak

Pada penyimpanan dengan rak, ikan disimpan dalam lapisan tunggal pada hamparan es. Metode penyimpanan tersebut diperuntukkan bagi spesies-spesies yang berukuran lebih besar yang isi perutnya telah dikeluarkan, dan mereka ditempatkan pada es dengan rongga perut yang menghadap ke bawah (Gbr. 16). Kadangkala es ditempatkan di atasnya. Pembusukan diperlambat karena rongga perut dijaga agar tetap dingin. Ikan yang disimpan dengan cara tersebut seringkali memiliki penampilan yang lebih menarik dibanding dengan ikan yang disimpan dalam jumlah yang banyak.

Penyimpanan dengan rak membutuhkan banyak tenaga dan ruangan yang dua kali lebih luas dibandingkan dengan ruang yang dibutuhkan untuk penyimpanan dalam jumlah banyak yang biasa. Kualitas keseluruhan dari ikan yang disimpan dengan cara tersebut mungkin rendah karena pelapisan esnya tidak menyeluruh, memungkinkan suhu penyimpanan ikan yang tinggi. Terdapat perbedaan yang signifikan antara ikan yang disimpan dalam jumlah yang banyak dan dengan disusun di rak dalam jangka waktu 3 sampai 7 hari ketika disimpan antara 1 dan 2°C. Penyusunan di rak yang tidak benar ditunjukkan pada Gbr. 17.

Dahulu terdapat banyak permintaan untuk ikan yang disimpan dalam rak, karena memiliki penampilan lebih baik, dan ikan yang disimpan tersusun ini biasanya berkaitan dengan bagian tangkapan yang terakhir. Dalam penangkapan ikan kod dan haddock, sudah menjadi kebiasaan untuk menyusun spesies tersebut di rak pada akhir perjalanan yang panjang. Seiring dengan menurunnya tingkat penangkapan, proporsi ikan yang disusun di rak telah meningkat.

1.5.2.3 Penyimpanan Dalam Peti

Penyimpanan dalam peti biasanya menghasilkan ikan yang berkualitas lebih baik dibanding dengan metode-metode penyimpanan dengan es lainnya. Pengendalian suhu yang lebih baik dapat dijaga dari saat ikan dipetik dengan es sampai waktu ikan dibongkar di darat. Seringkali ikan tetap berada di dalam peti hingga ikan sampai pasar eceran. Hal tersebut memiliki keuntungan nyata sehubungan dengan kualitas. Apabila pembeli di dermaga ingin merasakan manfaat utuh dari konsep pemetian, ia harus siap membeli dengan contoh dari

peti tersebut. Apabila setiap peti dikosongkan dan isinya diperiksa kualitas dan beratnya, maka tangkapan akan terganggu dan ditangani sampai titik dimana kualitasnya akan memburuk.

Peti kemas yang dapat dipakai kembali yang digunakan untuk pemetian di laut dapat terbuat dari kayu berlapis plastik, logam campuran ringan (seperti alumunium), atau plastik. Peti-peti kayu yang tidak dilapisi tidak digunakan karena sulit atau tidak mungkin untuk memberikan disinfektan pada permukaan yang berpori tersebut secara keseluruhan (Gbr. 19). Mikroorganisme yang ada akan mengkontaminasi kumpulan ikan berikutnya yang akan disimpan. Penggunaan alumunium menghasilkan suhu ikan yang lebih sama selama es memisahkan ikan dari permukaan logam. Dengan peti plastik, perhatian harus diberikan untuk meminimalisasi wilayah permukaan singgungan antara ikan dan plastik. Bagaimanapun juga, peti plastik lebih dipilih di mana ruang ikan tidak terisolasi.

Desain peti merupakan hal yang penting. Satu peti harus cukup besar untuk menampung jumlah ikan yang memadai dan es yang cukup untuk mendinginkan tangkapan dengan baik dan menjaga ikan tersebut tetap dingin hingga tangkapan tersebut mendarat. Peti-peti cukup mahal sehingga penghematan yang lebih baik dapat dilakukan dengan membeli peti terstandarisasi dalam jumlah besar. Kesalahan umum yang terjadi adalah tidak digunakannya cukup es karena petinya tidak cukup besar. Peti plastik kecil sudah diperkenalkan untuk mengangkut produk ikan dalam es ke darat, namun umumnya mereka tidak cukup besar untuk pemetian di laut.

Kedalaman peti harus memadai sehingga ikan-ikan di bagian bawah tidak hancur, dan peti tersebut harus cukup panjang untuk menampung tangkapan ikan berukuran lebih besar. Lubang pembuangan harus ditempatkan pada ujung atau sisi peti sehingga es yang mencair tidak mengalir ke ikan yang berada di bawah.

Penyimpanan dalam peti-peti yang tepat digambarkan dalam Gbr. 15. Sebuah lapisan es kira-kira setebal 5 cm harus ditempatkan pada bagian bawah peti, lapisan ikan ditutupi lapisan es tipis, dan berikan lapisan es terakhir di atas setebal 5 cm. Kontak langsung antara ikan dan peti harus dihindari. Peti tersebut tidak boleh diisi terlalu penuh karena dapat menyulitkan penyusunan ikan dan dapat menghancurkan isi peti bagian bawah. Hancurnya ikan akan menyebabkan memar-memar dan pengurangan berat.

Es merupakan perantara pendingin yang efisien dalam pengawetan ikan, namun agar efektif es harus mengelilingi ikan seluruhnya. Lapisan ikan setebal 5 cm yang ditempatkan ke dalam peti dengan es hanya pada bagian atas akan memakan waktu 18 jam sebelum daging ikan yang terpapar dengan bagian bawah peti mencapai 0°C dalam 3 jam. Penting bahwa ikan didinginkan secepat mungkin untuk mengurangi pembusukan. Hal tersebut penting khususnya untuk spesies

laut berminyak, seperti haring dan makarel, yang membusuk pada tingkat yang lebih cepat daripada spesies yang tidak berlemak (Gbr. 20).

1.5.3 Penyimpanan Dingin di Darat

Begitu sampai di darat, ikan dapat disimpan untuk sementara di es atau lemari pendingin sebelum diolah atau dijual. Pelapisan es digunakan secara luas untuk menjaga agar ikan dan beragam spesies kerang tetap dingin dalam gerai grosir dan gerai eceran. Jangka waktu dimana ikan dapat tetap segar dalam es begitu sampai di pasar eceran tergantung pada spesiesnya, bagaimana penanganan ikan sebelum sampai di pasar, waktu dikeluarkannya dari air, kualitas es, dan banyak faktor lainnya. Pada umumnya, ikan yang diberi es dengan tepat dapat disimpan dalam ruangan pendingin hanya sekitar 7 hari.

Sistem air laut yang didinginkan dan air garam yang dicairkan juga dapat digunakan pada pabrik di darat untuk menjaga ikan sebelum pengolahan. Sistem-sistem tersebut terutama cocok untuk spesies yang kecil dan banyak seperti ikan sarden dan haring. Seringkali kualitas pemeliharaan spesies tersebut serta spesies udang tertentu yang disimpan dalam sistem air laut yang didinginkan lebih unggul daripada spesies-spesies yang disimpan di es.

1.5.4 Penggunaan Sluri Es

Pendinginan dengan sluri es merupakan modifikasi dari sistem air laut yang didinginkan (Tabel 8). Sluri tersebut yang mengandung 20 – 25% es dapat dengan mudah dipompa dengan pompa sentrifugal standar. Suhu sluri es berfungsi sebagai salinitas dalam campuran tersebut dan umumnya mencapai -2°C . Pendinginan terbaik yang dicapai sluri es terutama berasal dari kontak yang 30 – 40 kali lebih besar antara ikan dengan sluri dibandingkan dengan lempengan es. Selain itu, penghilangan kantong udara dalam timbunan ikan dan pergerakan sluri menghasilkan pengurangan suhu bagian tengah ikan dengan cepat. Pendinginan haring dalam jumlah besar hingga ke $-1,8^{\circ}\text{C}$ dapat dicapai dalam waktu 30 menit, sedangkan *capelin* dapat didinginkan dari 11°C hingga ke 0°C dalam waktu 6-8 menit. Efisiensi pendinginan unggul sluri terbukti lebih efisien daripada sistem air laut yang didinginkan untuk mendinginkan ikan-ikan seperti *anchovy*, salmon, tuna, bilis, *hoki*, *pilchard*, dan kod. Sluri yang mengandung 25% air dapat dipompa ke dalam peti-peti ikan yang memiliki sarana drainase untuk menyingkirkan es yang mencair. Setelah pendinginan, ikan dengan rapat dikemas dalam es untuk sepanjang sisa perjalanan. Dalam penangkapan ikan berute panjang untuk spesies bernilai tinggi seperti tuna, ikan yang didinginkan dan disimpan dalam kristal es lebih dipilih untuk kesegarannya.

1.5.5 Keterbatasan dalam Pendinginan dengan Es

Pelapisan ikan dengan es memiliki beberapa kerugian. Hal tersebut termasuk memarnya daging bersamaan dengan pemudaran senyawa rasa dan protein dan vitamin yang larut dalam air. Selain itu, es tidak dapat disebarkan secara sama dan penyimpanan dengan es yang terlalu lama dapat menyebabkan perubahan tekstur.

Daya pecah dan kekerasan filet dapat berkurang selama penyimpanan dalam es. Elastisitas filet ikan kod berkurang, sementara kepadatan salmon meningkat selama penyimpanan dalam es. Penyimpanan dalam es telah memberikan pengaruh terhadap daya larut protein, kapasitas pengikatan air, dan aktivitas enzim *collagenolytic* pada filet ikan salmon dan kod. Aktivitas *gelationolytic* berhubungan dengan bakteri pembusukan yang aktif selama penyimpanan dingin menyebabkan degradasi protein, termasuk protein dasar *proteoglycan* pada daging ikan *halibut*, yang secara merugikan mengubah kapasitas pengikatan air pada daging ikan. Pendinginan saja tidak dapat menahan secara menyeluruh aktivitas organisme *psychotropic* dalam ikan, menimbulkan tantangan bagi makanan-makanan yang didinginkan. Pengamatan-pengamatan tersebut mengarahkan pada kebutuhan untuk mendinginkan produk ke suhu di bawah nol untuk memperbesar daya tahan (Tabel 9 dan 10).

1.6 Pendinginan Beku Ikan

Ikan, kerang dan organisme makanan air lainnya dibekukan hingga ke suhu yang lebih rendah dan mengurangi pembusukan. Proses pembekuan itu sendiri tidak berpengaruh pada rasa atau nilai gizi makanan tersebut, dan, idealnya setelah dicairkan seharusnya tidak ada perbedaan yang berarti antara produk yang dibekukan dan produk segar. Akan tetapi, bahkan dalam kondisi yang terbaik, penyimpanan dalam lemari es menghasilkan penurunan kualitas produk secara bertahap. Pada suhu dibawah beku, aktivitas bakteri tampaknya berhenti, namun terdapat beberapa perubahan secara bertahap dalam rasa, bau, tekstur, dan warna. Tingkatan dimana perubahan-perubahan tersebut berlangsung bergantung pada lamanya waktu produk tersebut disimpan dalam penyimpanan lemari es, suhu tempat penyimpanan, perlakuan terhadap produk sebelum dan selama penyimpanan, spesies, dan faktor-faktor lainnya. Kebutuhan akan penyimpanan lemari es timbul ketika cara-cara lain untuk mengawetkan ikan, seperti pelapisan es, tidak cocok atau tidak praktis. Ikan dapat disimpan dalam es selama paling lama 1 atau 2 minggu sedangkan mereka dapat disimpan dalam kondisi beku, di bawah kondisi yang sesuai, selama beberapa bulan tanpa banyak perubahan kualitas.

Pengawetan ikan dengan pembekuan memiliki sejumlah aplikasi. Apabila tempat penangkapan ikan sangat jauh dari pelabuhan yang membuat pelapisan es menjadi tidak praktis, maka membekukan hasil tangkapan menjadi satu-satunya alternatif. Selain itu, apabila jarak pasar konsumen jauh dari pelabuhan, pembekuan diperlukan selama jangka waktu penyimpanan, pengangkutan, dan distribusi. Pembekuan juga bermanfaat selama jangka waktu kelimpahan dan kekurangan. Ikan-ikan dapat dibekukan ketika jumlahnya berlimpah dan didistribusikan sepanjang jangka waktu dimana ikan tersebut langka, sehingga menstabilkan pasar. Selain itu, produk-produk yang bersifat musiman dapat dibekukan ketika melimpah dan dibuat tersedia sepanjang tahun.

1.6.1 Apa yang Terjadi Selama Masa Penyimpanan Beku

Bergantung pada spesiesnya, ikan mengandung kira-kira sebanyak 60 sampai 80% air. Makanan hasil laut mulai membeku pada suhu antara -1 dan -3°C, dan selama pembekuan, sebagian besar air dalam daging berubah menjadi es (Gbr. 22).

Selama proses pembekuan, panas dikeluarkan dari ikan dalam tiga tahap yang berbeda, sebagaimana ditunjukkan dalam Gbr. 26. Selama tahap 1, atau tahap pertama pendinginan, suhu daging ikan turun dengan cepat tepat di bawah 0°C, titik beku pada air segar. Selama tahap kedua lebih banyak panas yang harus dikeluarkan dari ikan untuk mengubah kumpulan air menjadi es. Tahapan tersebut disebut “zona kritis” atau “periode penahanan panas” karena perubahan suhu sangat sedikit selama tahap ini. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu antara titik B dan C penting untuk pemeliharaan kualitas produk. Semakin cepat suatu produk melewati zona kritis (titik B ke C), semakin berkurang penurunan kualitas yang terjadi. Ketika kira-kira 75% air dalam daging berubah menjadi es (titik C), suhu mulai turun kembali. Sejumlah kecil tambahan panas dibutuhkan untuk mengubah sebagian besar sisa air menjadi es.

Seiring dengan membekunya ikan, air dalam jaringan sel ikan membeku seperti kristal es murni (Tabel 11). Sisa air yang tidak membeku mengandung konsentrasi garam yang kadarnya meningkat dan senyawa-senyawa lain yang biasanya ada dalam otot ikan. Hasilnya adalah penurunan titik beku pada air masih tetap berada dalam kondisi tidak beku. Tidak seperti air murni, pembekuan menyeluruh pada air dalam otot ikan harus terjadi dalam rentang suhu dibanding hanya pada 0°C.

1.6.2 Pembekuan Lambat dan Cepat

Banyak kesimpangsiuran mengelilingi perdebatan mengenai pembekuan lambat versus pembekuan cepat. Gagasan awal menyebutkan bahwa pembekuan ikan secara cepat, yaitu dengan segera membawa ikan melewati zona kritis (Gbr. 23), tidak dikehendaki karena pendinginan tiba-tiba akan memisahkan dan merobek jaringan otot (Gbr. 24). Selain itu, dahulu disimpulkan bahwa pemuatan air pada saat pembekuan cenderung akan memecahkan dinding sel. Di sisi lain, pandangan yang cukup lama dipercayai adalah bahwa pembekuan lambat menghasilkan pembentukan kristal es yang besar yang merusak dinding sel dan menyebabkan hilangnya cukup banyak cairan ketika produk dicairkan. Disimpulkan bahwa pembekuan yang lebih cepat menghasilkan kristal es yang lebih sedikit yang menimbulkan kerusakan yang lebih sedikit pada dinding sel. Perbedaan pada bentuk kristal es dapat mempengaruhi beberapa perbedaan antara pembekuan lambat dan cepat namun tidak memberikan suatu penjelasan yang lengkap.

Pembekuan lambat umumnya menyebabkan rendahnya kualitas produk. Akan tetapi, perbedaan dalam kualitas tidak dipengaruhi oleh perbedaan dalam bentuk kristal es. Dinding otot ikan cukup elastis untuk menampung bentuk kristal es yang lebih besar tanpa kerusakan yang berlebihan. Selain itu, sebagian besar air dalam otot ikan berbentuk gel dan terikat pada protein sehingga hanya sedikit cairan yang hilang walaupun kerusakan sel benar-benar terjadi. Penurunan kualitas selama pembekuan lebih berhubungan dengan perubahan sifat protein. Pembekuan menyebabkan beberapa perubahan dalam protein, atau beberapa pengubahan dari kondisi asal mereka, oleh sebab itu disebut dengan istilah “perubahan sifat” (“*denaturation*”). Perubahan sifat bergantung pada suhu, semakin rendah suhunya semakin sedikit perubahan sifat yang terjadi. Selain itu, perubahan sifat bergantung pada konsentrasi

enzim dan senyawa lainnya yang ada pada otot. Seiring dengan membekunya air menjadi kristal es murni, enzim terus berkumpul dalam bagian air yang tidak beku, yang menyebabkan meningkatnya kecepatan perubahan sifat. Kedua faktor tersebut saling berlawanan sewaktu suhu berkurang. Telah ditunjukkan bahwa suhu maksimum untuk aktivitas perubahan sifat kira-kira -1 sampai -2°C . Oleh karena itu, semakin cepat suatu produk melewati zona tersebut ketika sedang dibekukan, semakin sedikit perubahan sifat protein yang terjadi. Disimpulkan bahwa waktu yang dihabiskan dalam zona aktivitas maksimum menyebabkan adanya perbedaan utama dalam kualitas antara pembekuan lambat dan pembekuan cepat.

Tidak ada definisi yang sederhana untuk pembekuan cepat. Di Inggris, pembekuan cepat berarti bahwa setiap bagian dari produk harus melewati suhu antara 0 dan -5°C dalam jangka waktu waktu yang tidak melebihi 5 sampai 10 jam, lebih baik apabila berlangsung selama 2 jam atau kurang, dan suhu bagian yang terpanas harus berada pada suhu -20°C atau lebih rendah pada akhir proses pembekuan. Di bawah kondisi tersebut suhu rata-rata produk akan berada pada suhu penyimpanan dingin yang disarankan sebesar -30°C . Definisi tersebut mungkin lebih sukar dari yang diperlukan.

Satu pengecualian terhadap persyaratan umum untuk pembekuan cepat adalah menyangkut ikan tuna beku, yang hendak dimakan secara mentah sebagai produk Jepang yang disebut “sashimi”. Tampaknya produk tersebut membutuhkan suhu penyimpanan yang lebih rendah dibanding dengan produk-produk perikanan lainnya. Oleh karena itu, kapal penangkap ikan tuna Jepang yang memasok ikan tuna untuk dimakan mentah diperlengkapi dengan lemari es yang bekerja pada suhu -50 sampai 60°C . Ketika ikan tuna besar dibekukan dalam larutan air garam pada suhu -12 sampai -15° , dibutuhkan waktu selama 3 hari untuk seluruh ikan tersebut dapat menjadi beku. Oleh karena itu, pembeku bagas udara menggantikan lemari es air garam karena mampu membekukan ikan tuna besar dalam waktu 24 jam atau kurang.

1.6.3 Perubahan Mutu Pada Makanan Hasil Laut Beku.

Mutu dan jangka waktu penyimpanan makanan hasil laut beku bervariasi bergantung pada perbedaan-perbedaan biologis yang melekat dan cara penanganan ikan sebelum proses pembekuan. Jika ikan bermutu rendah dibekukan, mutu produk yang dihasilkan juga akan rendah, dan jangka waktu penyimpanan beku atau daya tahan produk juga akan sangat berkurang. Selain itu, penanganan terhadap produk selama proses pembekuan dan lamanya waktu penyimpanan akan sangat menentukan mutu akhir produk (Gambar 25 dan Tabel 12).

Komposisi spesies ikan tertentu sangat berpengaruh terhadap kesesuaiannya untuk dibekukan dan lamanya waktu penyimpanan beku. Spesies ikan yang memiliki kadar minyak tinggi, seperti tuna, makarel, salem, dan haring memiliki hanya dapat disimpan beku dalam waktu yang singkat karena minyak dan pigmen yang terkandung di dalam daging cenderung membuat daging menjadi tengik. Ikan yang

tidak berlemak, seperti kodu dan haddock, memiliki kandungan minyak yang sangat rendah, dan perkembangan bau tengik tidak terlalu parah.

Secara umum, perubahan-perubahan yang terjadi pada makanan hasil laut dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori, yaitu perubahan struktur protein, perubahan warna dan perubahan rasa, serta hancurnya jaringan penghubung.

1.6.3.1 Perubahan Struktur Protein

Tiga komponen utama otot ikan adalah myofibrils (protein pembentuk struktur), sarcoplasma (cairan sel atau getah), dan jaringan penghubung serta dinding sel. Perubahan struktur protein myofibril menyebabkan otot ikan menjadi keras, kering, dan berserat. Pada tahap akhir perubahan struktur protein, daging ikan mentah yang dilunakkan berwarna kusam dan kelam, dan strukturnya menyerupai spons. Dalam kondisi tersebut, daging mentah yang dilunakkan dari ruangan pendingin akan kehilangan cairan, dikenal dengan istilah 'tetasan, dengan mudah jika daging ditekan. Dalam kondisi baik, tetesan yang hilang kurang dari 10% berat ikan, tetapi mungkin juga lebih. Protein myofibril membentuk 66% hingga 77% jumlah protein dalam daging ikan dan berperan penting dalam proses pembekuan dan pembentukan gel pada saat ikan dimasak. Oleh sebab itu, dampak perubahan struktur protein lebih terlihat pada ikan yang telah dimasak.

Kekerasan dan hilangnya cairan pada saat perubahan struktur protein terjadi berarti bahwa myofibril secara bertahap kehilangan ekstrakibilitasnya karena kadar garam yang rendah selama proses penyimpanan beku dan dingin. Selain itu, myofibril juga kehilangan sebagian kemampuannya, pada saat dilunakkan, untuk menyerap kembali air yang berasal dari es yang mencair. Terdapat keterkaitan antara hilangnya ekstraktilitas protein, atau daya larut, dan pengerasan daging.

1.6.3.2 Perubahan Warna dan Rasa

Dua pigmen pewarna yang terutama yang terdapat pada daging ikan adalah hemoglobin yang terkandung di dalam darah dan myoglobin yang terkandung di dalam sel. Ikan yang baru ditangkap, darahnya berwarna merah terang dan berangsur-angsur menjadi warna merah kecoklatan methemoglobin. Myoglobin juga mengalami perubahan warna yang sama.

Apabila ikan dibekukan dalam keadaan utuh, semua darahnya tetap ada dan dapat mengakibatkan perubahan warna secara ekstensif, khususnya di sepanjang tulang belakang dan rongga perut. Ikan yang sudah dibersihkan isi perutnya dan ikan yang sudah difilet mungkin akan mengalami perubahan warna yang sama, jika darah tidak dikeluarkan dengan benar.

Pigmen yang mendominasi dalam jaringan otot ikan adalah myoglobin. Ikan dengan warna daging yang lebih gelap, misalnya tuna, mengandung jumlah pigmen yang cukup banyak. Setelah ikan mati, kondisi oksigen yang rendah di dalam jaringan menyebabkan oksidasi pigmen. Akibatnya, perubahan warna yang lebih

nyata dapat terlihat di jaringan yang lebih dalam dibandingkan dengan yang di permukaan.

Ikan salem dan beberapa jenis krustasea mengandung pigmen carotenoid di dalam dagingnya yang memberi warna merah pada daging; mudarnya warna tersebut pada saat penyimpanan beku akan menyebabkan warna krustasea, misalnya lobster, berubah menjadi kuning, di mana pigmen terbatas pada permukaan daging. Oksidasi pigmen warna merah pada lemak dipercepat oleh oksidasi dalam lemak itu sendiri.

Warna pada minyak dan lemak yang terkandung dalam ikan tentunya bergantung dari spesies dan makanannya. Warna dapat bervariasi, mulai dari tidak berwarna pada beberapa spesies, misalnya haring, hingga kuning dan merah pada spesies lain, seperti salem. Pigmen alami akan mudar selama penyimpanan, tetapi minyak ikan secara berangsur-angsur akan teroksidasi dan berubah menjadi kuning selama penyimpanan beku. Pada ikan haring yang berlemak, terjadi kondisi yang menyebabkan minyak di bawah kulit menjadi kuning dan dapat terlihat melalui kulit. Dalam kondisi demikian, ikan tersebut dikatakan telah ‘berkarat’.

Ikan yang sangat segar mungkin menghasilkan rasa yang tidak begitu enak setelah disimpan beku dalam waktu yang lama. Ikan tersebut pertama-tama kehilangan karakteristik rasa segarnya, diikuti dengan perkembangan rasa hambar, dan akhirnya memiliki rasa yang digambarkan sebagai rasa ‘amis’. Ikan berlemak mungkin akan menghasilkan bau dan rasa yang tengik, juga ikan tidak berlemak, apabila disimpan terlalu lama atau tidak disimpan dengan benar.

1.6.3.3 Rusaknya Jaringan Penghubung

Filet ikan sering diproduksi, di mana lempengan-lempengan otot, yang disebut *myotome*, terpisah yang menimbulkan efek yang disebut sebagai ‘perumpangan’. Perumpangan muncul sebagai akibat dari rusaknya protein jaringan penghubung, stroma, dan komponen-komponen yang saling terkait yang menyatukan otot ikan. Masalah kerusakan jaringan penghubung dikaitkan dengan proses pembekuan ikan di laut dan produksi filet dari ikan beku utuh. Akibatnya, pelunakan jaringan akan tampak nyata apabila ikan telah dimasukkan ke dalam es selama beberapa hari sebelum proses pembekuan, khususnya kod dan haddock.

1.6.4 Metode Pembekuan

1.6.4.1 Pembekuan dengan Pelat (*plate freezing*) (Pembekuan tajam/*sharp freezing*)

Ruangan pembeku berpelat memiliki ruang yang terinsulasi dengan rak-rak yang terbuat dari kumparan-kumparan pipa yang menyalurkan pendingin. Ruang pembeku jenis ini digunakan untuk membekukan ikan utuh atau ikan yang telah dibuang kepala dan ekornya, seperti salem dan halibut, ikan yang telah dimasak, misalnya *whiting*, makarel, atau haring, atau filet atau potongan daging ikan

dalam paket khusus. Penggembungan mungkin terjadi pada produk yang dikemas karena tidak adanya tekanan dari luar untuk mengontrol penggelembungan paket selama proses pembekuan. Salah satu kekurangan ruangan pendingin berpelat adalah tingkat pembekuannya yang rendah. Apabila udara bersirkulasi di dalam ruangan pendingin, permukaan ikan yang tidak terbungkus akan menjadi kering.

Ruangan pendingin berpelat memerlukan penanganan produk yang berlebihan untuk membongkar muat ruangan pembeku. Kegiatan bongkar muat dapat menyebabkan masuknya udara hangat ke dalam ruangan sehingga terjadi pembentukan bunga es pada rak, yang akan memperpanjang waktu pembekuan. Masalah-masalah yang berkaitan dengan waktu penanganan dan infiltrasi udara dapat dikurangi dengan menggunakan mesin pengangkut berjalan untuk memindahkan produk dari ruang pemrosesan ke dalam ruangan pembeku, dan kemudian ke ruang penyimpanan dingin.

1.6.4.2 Pembekuan dengan Sistem Bagas Udara (*Air-blast freezing*)

Ruangan pembeku bagas udara berbentuk ruangan-ruangan atau saluran-saluran kecil, di mana udara dingin dialirkan dengan kipas angin di atas alat penguap (yang didinginkan dengan pendingin) dan disekitar produk yang akan dibekukan. Ruangan pembeku tersebut digunakan untuk membekukan, antara lain, udang, kerang, potongan-potongan daging dan filet ikan, atau produk-produk yang telah diberi panir atau dimasak terlebih dahulu yang disimpan di dalam kantong-kantong, ikan-ikan utuh atau yang telah dibuang kepala dan ekornya atau yang telah dimasak; atau udang, kerang, dan tiram yang disimpan di dalam kaleng. Ruangan pembeku semacam ini juga digunakan untuk membekukan filet ikan yang dibungkus di dalam kantong tahan uap dan kelembaban. Ruangan pembeku tersebut dapat diisi dengan cara memutar rak yang dimuati produk untuk dibekukan, atau produk dapat dipindahkan ke dalam ruangan pendingin dengan menggunakan mesin pengangkut berjalan.

Kebanyakan ruangan pendingin bagas udara bekerja pada suhu sekitar -34°C atau lebih rendah. Kecepatan udara yang bergerak di sekitar produk bervariasi antara 2,6 dan 5,2 m/detik untuk memberikan tingkat pembekuan yang paling ekonomis. Dehidrasi produk, atau 'luka bakar akibat ruangan pendingin' (*freezer burn*) dapat terjadi pada ikan utuh atau yang telah dibuang kepala dan ekornya yang tidak dibungkus apabila kecepatan udara melebihi 2,5 m/detik dan apa bila waktu pemaparan terhadap udara yang bergerak tidak dikontrol. Produk-produk tersebut dapat dilindungi dari dehidrasi dengan mengaplikasikan lapisan es.

1.6.4.3 Pembekuan Kontak-Pelat (*Contact-Plate freezing*)

Ruangan pembeku jenis ini memiliki serangkaian pelat horizontal yang dapat dipindah-pindahkan yang disusun secara vertikal di dalam lemari atau ruangan yang terisolasi. Pembeku dialirkan melalui pipa-pipa di dalam pelat. Ruangan pembeku jenis ini biasanya digunakan untuk membekukan produk-produk yang telah dimasak sebelumnya yang dikemas di dalam paket-paket yang berukuran sama, produk-produk makanan hasil laut jenis khusus, atau untuk membekukan

filet menjadi balok. Ikan yang akan dibekukan di dalam ruangan pendingin kontak-pelat harus dibungkus dengan baik untuk menjaga ruangan udara di dalam paket seminimum mungkin. Pengatur jarak dapat ditempatkan di antara pelat-pelat untuk mencegah agar paket tidak tertekan atau menggelembung.

1.6.4.4 Pembekuan Celup (*Immersion Freezing*)

Pembekuan celup adalah metode untuk pembekuan cepat produk makanan hasil laut dengan cara mencelupnya ke dalam larutan air garam bersuhu rendah, cairan nitrogen atau Freon. Pembekuan celup biasanya digunakan untuk membekukan tuna, salem, udang, dan kepiting. Pemilihan media pembekuan yang sesuai sangat penting untuk mencegah terjadinya perubahan mutu. Selama beberapa tahun, larutan garam dapur (sodium chloride) dianggap sebagai media pembekuan yang sesuai, tetapi beberapa media lain juga telah dikembangkan dan digunakan pada saat ini. Semprotan nitrogen cair digunakan untuk membekukan udang, kerang, dan filet ikan. Mutu produk tetap baik dan tingkat dehidrasi sangat rendah, tetapi produk terkadang berubah warna menjadi putih apabila disemprot dengan nitrogen cair.

Kebanyakan ikan tuna yang ditangkap oleh kapal-kapal penangkap ikan Amerika Serikat dibekukan dengan cara dicelup ke dalam larutan garam di atas kapal. Ikan tuna dibekukan di dalam sumur-sumur berisi larutan garam yang dijajarkan dengan kumparan-kumparan pipa yang tergalvanisasi yang berisi pendingin, yang memberikan efek dingin yang diperlukan. Pertama-tama, tuna dibekukan di dalam sumur, dicuci dengan air laut yang telah didinginkan, dan kemudian dibekukan. Setelah ikan dibekukan, larutan air garam dipompa ke laut, dan ikan tuna disimpan di ruangan penyimpanan yang kering dengan suhu -12°C . Apabila tuna disimpan di dalam sumur untuk waktu yang terlalu lama sebelum proses pembekuan atau apabila ikan dibekukan dengan suhu yang laju yang terlalu lambat, akan terjadi efek yang merugikan terhadap mutu produk.

1.6.5 Melunakkan Produk Perikanan Beku

Proses pelunakan yang cepat sama pentingnya seperti proses pembekuan yang cepat untuk menjaga mutu produk perikanan beku. Pertimbangan umum yang berlaku dalam proses pembekuan, berlaku pula dalam proses pelunakan, tetapi, dengan beberapa tindakan pencegahan. Beberapa tindakan pencegahan diperlukan dalam proses pelunakan karena penggunaan panas atau energi dibutuhkan.

Pelunakan dapat dilakukan dengan meletakkan produk beku di tempat dengan udara diam atau bergerak, merendamnya di dalam air yang diam atau mengalir, atau menyemprotnya dengan air. Suhu media tidak boleh lebih dari 20°C karena akan merusak lapisan luar produk, membuat lapisan luar produk menjadi lunak atau dipenuhi air dan kehilangan rasa sebelum bagian dalamnya benar-benar telah lunak. Proses pelunakan bekerja dengan cara memindahkan panas ke ikan dengan mengkondensasikan air pada ikan. Kelebihan metode tersebut adalah suhu permukaan ikan tidak akan melewati nilai yang diinginkan. Namun, metode ini juga

memiliki kekurangan yaitu pada beberapa ikan, terutama ikan tuna, terjadi perubahan warna dan warna menjadi pucat pada saat diletakkan di dalam ruang hampa.

Pelunakan filet dengan menggunakan ikan tidak dianjurkan karena produk akan dipenuhi air dan kehilangan rasa. Apabila produk dilunakkan dengan menggunakan udara, beberapa langkah pencegahan harus dilakukan untuk mencegah agar produk tidak mengering. Ruang udara yang digunakan untuk melunakan balok-balok ikan pada skala komersial biasanya dilembabkan dengan semprotan air.

Apabila ikan yang sudah dilunakkan akan disimpan untuk sementara waktu, menghentikan proses pelunakan sebelum proses pelunakan selesai adalah ide yang baik, karena terdapat cadangan dingin tersisa di dalam produk. Apabila tidak segera diolah, ikan yang telah dilunakkan yang menjadi hangat harus didinginkan dengan es untuk mencegah kerusakan.

Produksi Ikan Dunia (ribuan ton)

Negara	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Dunia	137,857	142,857	142,869	146,508	146,987	155,848	157,518	160,106
Cina	47,500	49,636	51,006	53,427	55,740	58,601	60,631	62,713
Peru	8,437	10,665	7,996	8,783	6,108	9,643	9,421	7,049
Indonesia	4,893	5,119	5,353	5,516	5,920	6,350	6,513	6,989
India	5,687	5,669	5,937	5,924	6,025			
Cili								
Jepang								
AS								
Thailand								
Filipina								
Norwegia								

Rata-rata konsumsi per kapita 1988-1997 kg/per orang

Negara			
Australia	18.4	Jerman	11.2
Austria	8	Irlandia	16.6
Belgia	17.7	Italia	20.7
Kanada	22.6	Jepang	72.1
Cili	22.3	Norwegia	43.9
Cina	9.7	Swedia	26.4
Perancis	27.9	Inggris Raya	18.2
		Amerika	
		Serikat	21.3

	1961	1970	1980	1990	2000	2003
Dunia	9.1	11.1	11.7	14.1	16.4	16.8
Jepang	50.4	61.3	65.5	71.2	67.2	64.3
Cina	4.8	4.5	5.2	11.5	25.6	25.9
AS	13.1	14.7	15.8	20.9	21.6	23.8
Uni Eropa	17.5	19.9	19.6	21.0	21.1	22
India	1.9	2.8	3.2	3.8	4.6	4.8

Tabel 1 Komposisi makanan (per 100 g untuk porsi yang dapat dimakan)

	Energi (kkal)	Protein (g)	Kadar Asam amino	Lemak (g)	UFA (%)	Kolesterol (mg)	EPA (mg)	Taurin (mg)
Ikan Kapas merah	112	19.0	100	3.4	67.2	80	157	244
Ikan Tenggiri	144	18.7	100	6.9	64.2	70	408	207
Makarel	239	19.8	100	16.5	70.6	55	1214	96
Japanese pilchard	213	19.2	100	13.8	67.9	75	1381	227
Ikan tuna sirip biru	133	28.3	100	1.4	66.5	50	27	32
Ikan pipih	102	19.0	100	2.2	73.3	70	210	120
Ikan salem	167	20.7	100	8.4	76.3	65	492	55
Udang windu	93	20.5	74	0.7	72.4	150	55	199
Kepiting	68	14.8	81	0.5	81.7	50	72	214
Belut	270	16.4	100	21.3	71.2	200	742	35
Cumi	76	15.6	71	1.0	64.9	300	56	342
Gurita Biasa	76	16.4	71	0.7	71.3	90	42	593
Kerang leher pendek	49	8.3	81	1.0	67.1	55	21	211
Quahog	50	10.4	81	0.9	68.1	47	13	218
Undaria	-	4.1	100	0.5	85.2		41	
Hijiki (kering)	-	10.6	62	1.3	62.6		47	
Daging sapi (bagian bahu dan pinggang)	328	16.2	100	27.5	56.3	70		19
Daging Babi (Bagian atas bahu dan depan kaki)	283	16.4	100	22.6	56.4	65		50
Ayam (dada)	203	20.6	100	12.3	69.0	80	33	51
Susu	59	2.9	100	3.2	31.9	11		
Telur	162	12.3	100	11.2	65.6	470		0
Kedelai	433	33.0	86	21.7	83.5	0		
Tahu	77	6.8	82	5	80	0		
Nasi	356	6.8	65	1.3	64.4	0		
Tepung terigu	368	8.0	44	1.7	72.2	0		
Bayam	25	3.3	50	0.2	83.5	0		
Selada	13	1.0	45	0.2	72	0		
Tomat	16	0.7	48	0.1	66.3	0		
Apel	50	0.5	58	0.1	69.3	0		
Jeruk	37	0.9	43	0.1		0		
Kentang	77	2.0	61	0.2	64.2	0		

Tabel 2 Distribusi lemak dalam ikan (%)

Jenis Ikan	Otot	Isi perut	Kepala
Makarel	58.5	14.4	27.1
Cakalang	63.0	6.4	30.6
<i>Big Eye</i> tuna	45.8	6.9	47.3
<i>Flounder</i>	33.2	19.7	47.1
Kod	9.0	83.8	7.8
Alfonsin	29.7	12.7	57.6
<i>Bluefish</i>	35.3	5.9	58.8

Tabel 3 Komposisi Umum ikan dan kerang

(persentase bagian yang dapat dikonsumsi)

Jenis	Kadar air	Protein	Lemak	Karbohidrat	Ash
<u>Ikan</u>					
<i>Grenadier</i>	86.1	13.1	0.5	-	0.9
Kod	82.8	15.7	0.4	0.1	1.2
<i>Pink salmon</i>	71.0	22.0	5.3	0.3	1.4
<i>Puffer</i>	78.6	20.0	0.1	0.3	1.0
Kakap merah	77.8	18.0	2.5	0.3	1.4
Ikan Pipih	78.0	19.1	1.5	0.1	1.6
<i>Jack mackerel</i>					
otot putih	78.2	20.2	1.7	-	1.3
otot hitam	73.7	19.3	5.9	-	1.2
Ikan ekor kuning	68.2	22.5	8.0	0.3	1.0
<i>Makarel</i>					
otot putih	75.8	23.6	0.8	-	1.4
otot hitam	73.6	19.4	4.9	-	1.1
Cakalang	70.4	25.8	2.0	0.4	1.4
<i>Ikan Sarden</i>					
otot putih	72.0	23.1	2.9	-	1.4
otot hitam	70.0	15.9	12.8	-	1.0
<i>Tuna sirip biru</i>					
daging bagian punggung	68.7	28.3	1.4	0.1	1.5
daging bagian perut	52.6	21.4	24.6	0.1	1.3
<u>Kerang</u>					
Remis	84.2	10.4	0.9	1.9	2.6
Tiram	81.9	9.7	1.8	5.0	1.6
Abalon	83.9	13.0	0.4	0.6	2.1
Cumi	81.8	15.6	1.0	0.1	1.5
Gurita	81.1	16.4	0.7	0.1	1.7
Udang galah	77.2	20.5	0.7	0.1	1.6
Udang Karang (Lobster)	82.8	14.8	0.5	0.1	1.8

Tabel 4 Kategori Ikan dan Hewan Laut yang Tidak Bertulang Belakang Menurut Kandungan Minyak dan Protein Sederhana (*Crude Protein*)

**Kandungan dalam daging
(% berat basah)**

Jenis	Minyak	Protein	Jenis khusus
Rendah minyak-tinggi protein	< 5	15 – 20	Kod, <i>croaker</i> , <i>flounder</i> , <i>muller</i> , kepiting, udang karang, skalop
Kandungan minyak sedang-tinggi protein	5-15	15 – 20	Ikan bilis, makarel, <i>sablefish</i> , <i>sockey salmon</i>
Tinggi minyak – rendah protein	>5	<15	Trout danau Siscowet

Rendah minyak - Sangat tinggi protein	<5	>20	<i>Albacore, halibut, Skipjack tuna</i>
Rendah minyak-rendah protein	<5	<15	

Data dari Stansby, M.E. dan Hall, A.S., *Fish. Ind. Res.*, 3(4), 29, 1967.

% Fat = % Lemak
Herring = Ikan Haring
Mackarel = Makarel

Gambar. 1 Kadar lemak dari ikan laut dapat sangat bervariasi sepanjang tahun; grafik di atas menunjukkan kadar lemak rata-rata dari sejumlah ikan haring yang diturunkan di pelabuhan yang sama yakni pelabuhan W.Scotland, dan sejumlah makarel yang diturunkan di pelabuhan yang sama di S.W.England.

Tabel 5. Perubahan setelah mati dan perubahan yang dapat dideteksi dengan panca indera dalam ikan mentah

	sebelum kekakuan	kekakuan ikan mati	setelah	pasca kekakuan(otolisis	pembusukan)
Tampilan secara umum	cerah dengan kilau metalik	→	sedikit kurang cerah	→	warna hilang atau memudar
Lendir	bersih dan transparan	→	seperti warna susu	→	tebal, lengket, keabu-abuan
Permukaan					
Insang	merah terang atau merah muda	→	merah kecoklatan	→	cokelat atau abu-abu
warna	bau segar	→	amis atau berbau ikan	→	sangat amis
baudaging					
Konsistensi	lambut dan elastis	→	kaku dan hilangnya elastisitas	→	lambut dan lembek
tampilan	semi-transparan	→		→	keruh

Tabel 6. Rangkaian Perubahan dalam Komponen-komponen Utama Otot Ikan Tangkapan

Tahapan setelah penangkapan		Perubahan dalam komponen-komponen utama		
Pergumulan pada peralatan pancing dan di atas kapal		Habisnya cadangan sebelum ikan mati		
Sesak nafas		Pembentukan kondisi anoksial secara bertahap dalam otot		
		Fosfat organik dan glycogen	Unsur-unsur Nitrogen	Lemak
Proses awal	enzimatik	Pembentukan defosforilasi glukosa, fosfat gula, dan asam laktat;	Perubahan dalam protein darah; penguraian urea	Hidrolisis dan dimulainya oksidasi

Kaku setelah mati	penurunan PH	Interaksi sistem kontraktil, pelepasan hidrolases, penurunan hidrase	
Hilangnya kesegaran	Kehancuran enzimatis lebih lanjut; pemanfaatan produk degradasi oleh mikroflora	Tahap awal otolisis; penguraian TMAO; pembentukan basis volatil; peningkatan PH	Hidrolisis dan oksidasi; efek mikroba
Cepatnya pertumbuhan bakteri	Pemanfaatan oleh mikroflora	Penguraian bakteri; penurunan hidrasi; pembentukan senyawa volatil	Terhambatnya oksidasi oleh sejumlah metabolit
Pembusukan bakteri	Akumulasi produk berbau yang volatil, pembentukan lendir yang tidak berwarna, peningkatan plastisitas otot		
Lactic acid	= asam laktat		
Pyruvic acid	= asam pyruvic		
Glucose phosphate	= glukosa fosfat		
glycogen	= glycogen		
Contracted muscle element	= unsur otot yang berkontraksi		
Relaxed muscle element	= unsur otot yang rileks		
Creatine	= creatine		
Phosphocreatine	= fosforcreatine		

Gambar 2 Fosfat organik dan glycogen sebagai sumber energi bagi kontraksi otot.

**OTOT DARI IKAN YANG BARU SAJA DITANGKAP
SARCOMERES YANG RILEKS DAPAT DIRENTANGKAN, ACTIN DAN
MYOSIN YANG LEPAS**

pH sekitar 7, estrakbilitas dan hidrasi protein tinggi, keras, kohesif, kekerasan setelah dimasak tergantung dari tingkat pengerutan otot
ATP → ADP, hilangnya CO_2 → dari jaringan sarcoplasmic

**DAGING IKAN YANG KAKU SETELAH IKAN MATI
SARCOMERES SEBAGIAN BERKONTRAKSI, ACTOMYOSIN, SEBAGIAN
MYOCOMMATA YANG TERPUTUS**

pH sekitar 8, ekstrabilitas dan hidrasi protein yang rendah, kaku, keras setelah dimasak khususnya apabila kekakuan dimulai pada suhu sekitar 18 derajat C
cathetin, proteinase yang diaktivasi oleh CO_2 , *collagenase* → ← *B glucuronidase*, dan enzim-enzim *lysosomal* lainnya

DAGING, IKAN YANG LEMBUT
PROTEIN SARCOPLASMIC YANG SEBAGIAN TELAH MENGALAMI
HYDROLISIS, SARCOMERES AGAK HANCUR KARENA PERUBAHAN
HYDROLITIS DALAM TROPONINE, Z-LINE, DAN M-LINE.
STRUKTUR COLLAGEN YANG TERGANGGU

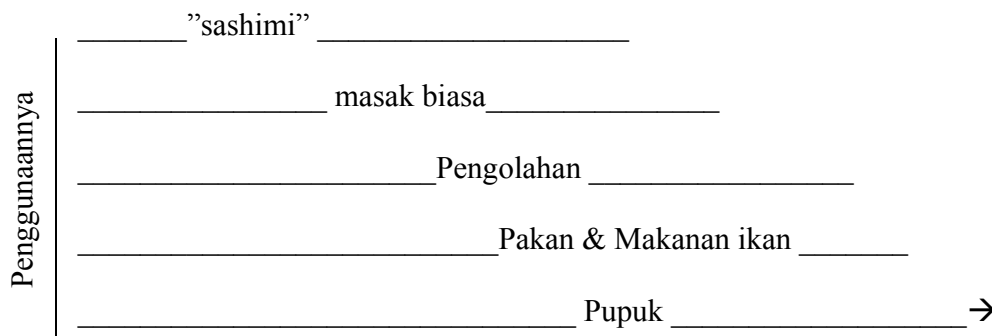
pH sekitar 7, esktrabilitas dan hidrasi protein yang tinggi, elastis, lembut setelah dimasak

enzim-enzim endogen → | ← enzim-enzim bakteri
 ↓

DAGING IKAN YANG MENGALAMI OTOLISASI
SEBAGIAN PROTEIN-PROTEIN YANG TERHIDROLISASI, SENYAWA
NONPROTEIN YANG TIDAK MENGANDUNG NITROGEN
 pH di atas 7, lembut, kenyal

Gambar 3 Perubahan-perubahan di dalam otot-otot ikan segar

Kematian ikan → sebelum kekakuan → kaku → pasca kekakuan → pembusukan
 kekakuan berhenti



Gambar. 4 Penggunaan ikan yang berbeda pada tahap setelah kematian ikan

Ikan Kod Pasifik
 Ikan Pollock Alaska
 Ikan Kapas Hitam Jepang
 Ikan Kapas Merah Jepang
 Nilai K (%)
 Waktu (hari)

Gambar. 7 Perubahan nilai K selama penyimpanan sejumlah spesies ikan dengan es

Nilai K (%)
 Waktu (hari)

OTOT GELAP
OTOT PUTIH

Gambar 8 Perubahan nilai K dari otot putih dan gelap ikan ekor kuning selama penyimpanan dengan es

Jumlah bakteri/g otot
Waktu (hari)

Gambar 9 Perubahan jumlah bakteri dalam otot ikan kod selama penyimpanan dengan es
(diadaptasi dari data *Torry Research Station*, Skotlandia)

Waktu bangkitan, jam
Suhu inkubasi, °C

Gambar 10 Efek suhu inkubasi pada waktu bangkitan bakteri dari ikan yang dieskan

A Amonia
B Jumlah bakteri
C Trimethylamine
D Dimethylamine x 10
E Oksida Trimethylamine
Nitrogen mg. per 100 g otot Ikan
Catatan jumlah Bakteri per g otot Ikan
Waktu (hari)
Tahap I
Tahap II
Tahap III
Tahap IV

Gambar 11 Dampak jangka waktu penyimpanan pada jumlah bakteri dan penguraian otot ikan (Reay dan Shewan, 1949)

<i>Ikan Hidup</i>		TITIK BAHAYA UTAMA	TINDAKAN YANG HARUS DIAMBIL
	PENANGKAPAN	Waktu yang berkepanjangan dalam jaring Kerusakan fisik	Memperbaiki praktik penangkapan ikan
<i>Ikan ditangkap</i>			
	PENUNDAAN SEBELUM	Sinar matahari langsung, angin, panas Ikan mengering Tekanan dalam tumpukan ikan yang banyak	Jaga agar ikan tetap dingin dan terlindungi Hindari tumpukan yang banyak
<i>Di geladak</i>			
	PENGELUARAN ISI PERUT IKAN PEMOTONGAN KEPALA IKAN	Pengeluaran isi perut dan pemotongan kepala ikan yang buruk	Diperbaiki melalui pelatihan
<i>Persiapan</i>			
	PENCUCIAN	Penghangatan Penundaan Kerusakan mesin	Memperbaiki pencucian Memperbaiki pelatihan
<i>Pencucian</i>			
	PELAPISAN ES, PENCELUPAN DALAM MEDIA PENDINGIN	Praktik yang tidak memadai	Tambahkan lebih banyak es Perbaiki perlengkapan Perbaiki pelatihan
<i>Pendinginan</i>			

Gambar. 12 Penanganan di kapal - diagram yang disederhanakan

USIA DALAM HARI

SEA – FISH = IKAN SEGAR DARI LAUT
TEMPERATURE = SUHU

Gambar. 13 Pengaruh suhu terhadap jangka waktu penyimpanan ikan 'basah' sangat jelas; jangka waktu penyimpanan yang digambarkan adalah khusus untuk jenis-jenis ikan demersal yang ditangkap di perairan yang bersuhu sedang atau di perairan kutub utara.

USIA DALAM HARI

SUHU
° C

Gambar. 14 Hubungan antara suhu penyimpanan dan waktu sebelum pembusukan untuk ikan-ikan yang tidak berlemak seperti kod. Ikan yang berbayang mendekati pembusukan, dan ikan yang berwarna hitam benar-benar telah mengalami pembusukan

ICE TO FISH RATIO = PERBANDINGAN ES DAN IKAN
1 TO 1 TROPICS = 1 BERBANDING 1 UNTUK DAERAH TROPIS

1 TO 1 ELSEWHERE	= 1 berbanding 2 untuk daeran lainnya
BATTEN	= PAPAN
LINING	= LAPISAN
INSULATION	= ISOLASI
BULKMEAD	= DINDING PEMISAH DALAM KAPAL
ABOUT 25 cm DEEP	= KEDALAMAN SEKITAR 25 cm
ABOUT 4 cm ICE TOP AND BOTTOM	= SEKITAR 4 cm ES DI ATAS DAN DI BAWAH
ICE BETWEE BATTENS	= ES ANTARA PAPAN

GAMBAR 15 Metode penyimpanan dalam peti yang benar

FISH COMPLETELY SURROUNDED BY ICE = IKAN BENAR-BENAR DIKELILINGI OLEH ES

Gambar 16. Metode penyimpanan dengan rak yang benar. Ikan benar-benar dikelilingi oleh es untuk meningkatkan pendinginan yang merata

WARM AIR OVER FISH = AIR HANGAT DI ATAS IKAN
 NO ICE ON TOP OF FISH = TIDAK ADA ES DI ATAS IKAN
 FISH COOLED ONLY FROM BELOW = IKAN HANYA DIDINGINKAN DARI BAWAH

Gambar 17. Metode penyimpanan dengan rak yang tidak tepat. Tidak ada es di atas ikan mengakibatkan ikan menjadi hangat, mempercepat pembusukan

SHELF PERMITS DRAINAGE ONTO FISH BELOW	RAK MEMUNGKINKAN TERSALURNYA AIR KE IKAN DI BAWAH
SHELF RESTING ON FISH BELOW	RAK BERTUMPU PADA IKAN DI BAWAH
NOT ENOUGH ICE OVER FISH	TIDAK CUKUP ES DI ATAS IKAN
FISH PACKED TOO TIGHTLY-STAGNANT POOLS FORMED	IKAN DISUSUN TERLALU RAPAT-MEMBENTUK TEMPAT PENAMPUNGAN YANG SESAK
NOT ENOUGH ICE BENEATH THE FISH	TIDAK CUKUP ES DI BAWAH IKAN
FISH UNDER PRESSURE AND LOSING WEIGHT	IKAN DI BAWAH TERTEKAN DAN KEHILANGAN BERATNYA
STOWAGE ABOVE BATTEN	PENYIMPANAN DI ATAS PAPAN
SHELF FAR TOO DEEP	RAK DITEMPATKAN TERLALU DALAM

Gambar 18 Penyimpanan ikan dalam jumlah banyak yang tidak tepat

There are gaps	=	Ada jeda antara papan
Unsanitary rope	=	Tali yang kotor
The fish is being depressed by the lid	=	Ikan tertekan oleh tutup peti
Ice is insufficient	=	Es tidak memadai
Little ice was places under the fish	=	Hanya sedikit es yang diletakkan dibawah ikan
The edge is soiled	=	Tepi peti kotor
The material of boxes is too coarse	=	Bahan peti terlalu kasar
Boxes are awkward to pile up	=	Kotak sulit untuk ditumpukan

Gambar 19. Pemetian yang tidak tepat dengan kotak kayu tua

Gambar grafik:

Temperature of Fish (°C)	=	suhu ikan (°C)
Time (hrs)	=	Waktu (jam)
Iced against pen boards	=	didinginkan pada <i>pen boards</i>
Completely surrounded by ice	=	benar-benar tertutup dengan es

Gambar 20. tingkat pendinginan yang tepat dan tidak tepat untuk *haddock* yang didinginkan (sumber ASHRAE, 1978).

Gambar 21. Suhu dalam tubuh ikan kakap yang didinginkan dalam air laut dingin (CSW). (1) Ikan besar, 3,8 kg, (2) ikan sedang, 1,3 kg, dan (3) ikan kecil, 0,8 kg. (Dari Harvie, R. E., Pentingnya proses pendinginan dalam menghasilkan Ikan Kakap Berkualitas Terbaik *Chrysophrys auratus* terhadap Pasar Jepang, Lembaga Pendinginan Internasional, Komisi C₂, D₁, D₂, D₃, Hamilton, 1982, 127. Dengan izin.)

Tabel 8 Standar jumlah es yang dibutuhkan selama pengangkutan melalui darat

Musim	lamanya pendinginan (hari)	Perbandingan ikan dengan es * (bobot)	
		pecahan es	Es-air **
Musim Panas	3	1 : 3	5 : 3
	2	1 : 2	5 : 2
	1	1 : 1	5 : 1
Musim Semi & Gugur	3	1 : 2	5 : 2
	2	1 : 1	5 : 1
	1	2 : 1	10 : 1
Musim Salju	3	3 : 1	15 : 1
	2	4 : 1	20 : 1
	1	5 : 1	25 : 1

* kapasitas ikan kurang lebih 0,4 t/m³ dengan pendinginan pecahan es (pendinginan kering), dan kurang lebih 0,6 t/m³ dengan pendinginan campuran es dan air.

** perbandingan es dengan air (mengandung garam) biasanya adalah 2~1: 1 per bobot.

Tabel 9. Jangka waktu penyimpanan ikan dan kerang-kerangan saat disimpan dalam es yang mencair.

jenis komoditas	Jumlah hari hingga akhir	
	Kualitas tinggi	tingkat dapat dimakannya ikan tersebut
Daging berwarna putih, berukuran sedang, isi perutnya dibersihkan atau tidak dibersihkan		
Ditangkap dalam air bersuhu sedang dan bersuhu dingin	3-4	12-18
Ditangkap dalam air bersuhu hangat	6-8	18-135
<i>Halibut</i> berukuran besar, tuna, dan ikan-ikan serupa.	5-6	21-22
Daging berwarna gelap, ikan kecil, isi perutnya dibersihkan atau tidak dibersihkan		
kandungan lemak rendah	2-3	6-9
kandungan lemak tinggi, berisi banyak makanan	1-1.5	4-6
Kerang-kerangan		
Ditangkap dalam air bersuhu sedang dan bersuhu dingin	2-3	6-10
Ditangkap dalam air bersuhu hangat	3-7	8-12

Tabel 10. Waktu penyimpanan maksimal untuk spesies yang hidup di air dalam es yang mencair

Spesies	waktu (hari)	
	Referensi: FAO, 1975	Referensi: Connel, 1980
ikan Cod	15-16	
ikan Hake	8-10	
<i>Redfish</i>	lebih dari 15 hari	
Hiu	8	
Haring	4-5	
<i>Makarel</i>	4-5	
ikan <i>Whiting</i>	kurang dari 15 hari	
ikan tuna		21-22
<i>Halibut</i>		21-22
udang, udang kecil, abalon, skalop		6-10
air hangat		
kerang-kerangan		8-12

$$\text{Temperature (}^{\circ}\text{C)} = \text{Suhu (}^{\circ}\text{C)}$$

$$\text{Time (min)} = \text{waktu (menit)}$$

Gambar 22. suhu dalam balok filet ikan, ketebalan 75 mm, dibekukan di lemari pendingin pelat pada suhu -33°C. (1) Permukaan; (2) kedalaman 10 mm; dan di tengah balok.

Internal temperature = suhu internal dalam Fahrenheit
 Shelf frozen = rak beku
 Critical freezing zone = zona beku kritis
 Plate Frozen = Pelat beku
 Liquid Nitrogen = Nitrogen cair
 Freezing Time (Hours)= Waktu Pembekuan (Jam)

Gambar 23 Waktu Beku Kritis

Super-rapid-frozen muscle by liq.nitrogen spray freezing for 3 min	otot yang membeku dengan sangat cepat melalui pembekuan semprotan nitrogen selama 3 menit
Reference; slow-frozen muscle by the sharp freezing for 110 min	Referensi; otot yang membeku dengan lambat melalui pembekuan tajam selama 110 menit.

Gambar 24. Gambar mikroskopis penampang melintang otot makarel yang membeku secara cepat atau lambat dan disimpan selama 2 bulan pada suhu -20°C.
 Area hitam, sel otot. Area putih; lokasi kristal es.

Tabel 11. Jumlah es dalam otot membeku yang terbentuk pada suhu yang berbeda

Suhu °C	es % *	persentase jumlah kandungan air	es % *
0	0	-8	82
-1	8	-9	83
-2	52	-10	84
-3	66	-12	86
-4	73	-15	87
-5	77	-20	89
-6	79	-30	90
-7	81	-40	90

* persentase jumlah kandungan air

Data from Riedel,L., Kaltetechnic, 8, 374, 1956= Data berasal dari Riedel,L., Kaltetechnic, 8, 374, 1956

Storage life (weeks) = jangka waktu penyimpanan (minggu)

Weekly loss of HQL (%) = Penurunan masa dimana kondisi ikan berada dalam kualitas terbaik (HQL) dalam mingguan (%)

Gambar 25. Toleransi suhu waktu dari ikan beku. (1) Haddock, PSL; (2) haddock, HQL; (3) haring, PSL; dan (4) penurunan HQL dari haddock.

Tabel 12. jangka waktu penyimpanan dari produk-produk ikan beku berbeda pada suhu yang berbeda-beda.

Jenis komoditas	jumlah bulan untuk kondisi baik pada suhu	
	-18°C	-30°C
Ikan berlemak rendah, utuh atau blok filet	4-8	8-24
Ikan berlemak rendah, filet yang masing-masing melalui proses pembekuan secara cepat (IQF)	3-6	6-18
Ikan berlemak rendah yang diasap	3-6	6-18
Ikan berlemak tinggi	3-4	6-12
Ikan berlemak tinggi yang diasap	2-4	6-12
Produk-produk yang diberi tepung panir dan dihaluskan	6-9	12-24
Krustasea	4-6	8-18
Moluska	3-4	6-12

Dalam semua kasus, diasumsikan bahwa komoditas cukup terlindungi dari dehidrasi. Perlindungan lebih lanjut terhadap bau anyir yang bersifat oksidatif, sebagai contoh pengemasan kedap udara dapat memperpanjang jangka waktu penyimpanan produk-produk berlemak.

Tabel 13 Contoh Penghitungan Jumlah Menurunnya HQL pada Ikan Kod Beku

Tahap	Suhu rata-rata (°C)	masa penyimpanan (minggu)	Penurunan HQL dalam mingguan (%)	Jumlah penurunan HQL (%)
Penghasil	-20	0.4	4.9	2.0
	-30	4.0	2.5	10.0
Pengangkutan	-18	0.3	6.0	1.8
Penyimpanan dingin	-30	20.0	2.5	50.0
Pengangkutan	-22	0.4	4.5	1.8
Pedagang grosir	-30	2.0	4.9	9.8
Pengangkutan	-20	0.1	4.9	0.5
Lemari pajang	-15	1.0	8.9	8.9
Jumlah penurunan HQL				84.8

PERIOD OF THERMAL ARREST = MASA PENAHANAN SUHU
 Temperature °C = Suhu °C
 Time (hrs) = waktu (jam)
 Stage I = Tahap I
 Stage 2 = Tahap 2
 Stage 3 = Tahap 3

Gambar 26. Hubungan antara suhu dan waktu terhadap proses pendinginan dan pembekuan ikan (Sumber. FAO.1977)

Tabel Skema pentahapan kesegaran yang digunakan dalam Masyarakat Ekonomi Eropa untuk seluruh ikan kod yang didinginkan, *haddock*, *whiting* (*Merlangius merlangus*), *ling*, *hake*, *saithe*, dan *redfish* (*Sebastes spp.*) yang sebagian berdasarkan pada skala bau kesegaran yang diberikan diatas.

Tingkat	Ekstra	A	B	Tidak Layak
Kulit	Terang, mengkilap, berwarna-warni (bukan <i>redfish</i>) atau warna dapat berubah-ubah, tidak ada pemudaran.	lunak, tipis, kurang segar, agak memudar	pucat, agak pudar	gelap, berpasir, pudarnya terlihat sekali, dan menyusut
lapisan lendir bagian luar	Transparan atau warna putih air	seperti warna susu	abu-abu kekuning-kuningan, menggumpal	cokelat kekuningan, sangat menggumpal dan tebal
Mata	pupil cembung berwarna hitam, kornea jernih	pipih, tipis, pupil berwarna kusam, warna kornea sedikit berubah-ubah	sedikit cekung, pupil berwarna abu-abu, kornea berwarna kusam	sangat cekung, pupil berwarna abu-abu, kornea tidak berwarna
Insang	lendir merah terang, jernih	merah muda, lendir agak kusam	abu-abu, pudar, lendir kusam dan tebal	cokelat, pudar, lendir berwarna bu-abu kekuning-kuningan dan menggumpal
selaput perut	mengkilap, cerah, sulit untuk dikoyak dari daging	agak pucat, sulit untuk dikoyak dari daging	berpasir, cukup mudah untuk dikoyak dari daging	berpasir, mudah untuk dikoyak dari daging
bau insang dan bau bagian dalam ikan	segar, berbau rumput laut dan kerang-kerangan yang kuat	tidak berbau, bau netral, tengik, pucat	bau tengik menyengat, apek, dan membuat mual	berbau seperti <i>fruity amines</i> , sulfida, kotoran

ATP and metabolites = ATP dan *metabolit*
Days post mortem at 0°C = Hari pasca kematian pada suhu 0°C

Gambar 5. Ringkasan degradasi nukleotid yang disederhanakan

Gambar 6. Degradasi Nukleotid pada daging ikan cod yang disimpan dengan baik (dari Fraser, D.J., Dingle, J.R., Hines, J. A., Nowlan, S. C. Dan Dyer, W.J., *J. Fisj. Res. Board Can.*, 24, 1837, 1967. Dengan izin.)

World Fish Production

(thousand tons)

Country	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
World	137,857	142,857	142,869	146,508	146,987	155,848	157,518	160,106
China	47,500	49,636	51,006	53,427	55,740	58,601	60,631	62,713
Peru	8,437	10,665	7,996	8,783	6,108	9,643	9,421	7,049
Indonesia	4,893	5,119	5,353	5,516	5,920	6,350	6,513	6,989
India	5,687	5,669	5,937	5,924	6,025	6,088	6,324	6,983
Chile	5,587	4,973	4,663	5,134	4,525	6,021	5,454	-
Japan	6,626	6,384	6,126	5,880	6,083	5,776	5,765	5,735
USA	5,308	5,216	5,461	5,482	5,533	5,602	5,397	-
Thailand	3,646	3,736	3,648	3,797	3,914	4,018	3,743	-
Philippine	2,922	2,988	3,170	3,370	3,615	3,929	4,142	-
Norway	3,282	3,383	3,373	3,473	3,285	3,309	-	-

Average per capita consumption (kg) 1988-97

Country

Australia	18.4	Germany	11.2
Austria	8.0	Ireland	16.6
Belgium	17.7	Italy	20.7
Canada	22.6	Japan	72.1
Chile	22.3	Norway	43.9
China	9.7	Sweden	26.4
France	27.9	United kingdom	18.2
		United States	21.3

kg/person

	1961	1970	1980	1990	2000	2003
World	9.1	11.1	11.7	14.1	16.4	16.8
Japan	50.4	61.3	65.5	71.2	67.2	64.3
China	4.8	4.5	5.2	11.5	25.6	25.9
U.S.A.	13.1	14.7	15.8	20.9	21.6	23.8
EU	17.5	19.9	19.6	21.0	21.1	22.0
India	1.9	2.8	3.2	3.8	4.6	4.8

Table 1 Food composition (per 100g of edible portion)

	Energy (kcal)	Protein (g)	Amino acid score	Lipid (g)	UFA (%)	Cholesterol (mg)	EPA (mg)	Taurin (mg)
Red sea bream	112	19.0	100	3.4	67.2	80	157	244
Horse mackerel	144	18.7	100	6.9	64.2	70	408	207
Mackerel	239	19.8	100	16.5	70.6	55	1214	96
Japanese pilchard	213	19.2	100	13.8	67.9	75	1381	227
Bluefin tuna	133	28.3	100	1.4	66.5	50	27	32
Flatfish	102	19.0	100	2.2	73.3	70	210	120
Salmon	167	20.7	100	8.4	76.3	65	492	55
Tiger prawn	93	20.5	74	0.7	72.4	150	55	199
Wary crab	68	14.8	81	0.5	81.7	50	72	214
Eel	270	16.4	100	21.3	71.2	200	742	35
Squid	76	15.6	71	1.0	64.9	300	56	342
Common octopus	76	16.4	71	0.7	71.3	90	42	593
Short-necked clam	49	8.3	81	1.0	67.1	55	21	211
Hard clam	60	10.4	81	0.9	68.1	47	13	218
Undaria	-	4.1	100	0.5	85.2		41	
Hijiki (Dried)	-	10.6	62	1.3	62.6		47	
Cattle (Chuck loin)	328	16.2	100	27.5	56.3	70		19
Swine (Boston butt)	283	16.4	100	22.6	56.4	65		50
Chicken (Breast)	203	20.6	100	12.3	69.0	80	33	51
Milk	59	2.9	100	3.2	31.9	11		
Egg	162	12.3	100	11.2	65.6	470		0
Soybeans	433	33.0	86	21.7	83.5	0		
Tofu	77	6.8	82	5.0	80.0	0		
Rice	356	6.8	65	1.3	64.4	0		
Wheat flour	368	8.0	44	1.7	72.2	0		
Spinach	25	3.3	50	0.2	83.5	0		
Lettuce	13	1.0	45	0.2	72.0	0		
Tomatoes	16	0.7	48	0.1	66.3	0		
Apples	50	0.2	58	0.1	69.3	0		
Oranges	37	0.9	43	0.1		0		
Potatoes	77	2.0	61	0.2	64.2	0		

Table 2 Distribution of fat in fish (%)

Species	Muscle	Vicera	Head
Mackerel	58.5	14.4	27.1
Skipjack	63.0	6.4	30.6
Bigeye tuna	45.8	6.9	47.3
Flounder	33.2	19.7	47.1
Cod	9.0	83.8	7.8
Alfonsin	29.7	12.7	57.6
Bluefish	35.3	5.9	58.8

Table 3 General composition of fish and shellfish
(percent of edible part)

Species	Water	Protein	Fat	Carbohydrate	Ash
Fish					
Grenadier	86.1	13.1	0.5	-	0.9
Cod	82.8	15.7	0.4	0.1	1.2
Pink salmon	71.0	22.0	5.3	0.3	1.4
Puffer	78.6	20.0	0.1	0.3	1.0
Red snapper	77.8	18.0	2.5	0.3	1.4
Flatfish	78.0	19.1	1.2	0.1	1.6
Jack mackerel					
white muscle	78.2	20.2	1.7	-	1.3
dark muscle	73.7	19.3	5.9	-	1.2
Yellow tail	68.2	22.5	8.0	0.3	1.0
Mackerel					
white muscle	75.8	23.6	0.8	-	1.4
dark muscle	73.6	19.4	4.9	-	1.1
Skipjack	70.4	25.8	2.0	0.4	1.4
Sardine					
white muscle	72.0	23.1	2.9	-	1.4
dark muscle	70.0	15.9	12.8	-	1.0
Bluefin tuna					
dorsal meat	68.7	28.3	1.4	0.1	1.5
belly meat	52.6	21.4	24.6	0.1	1.3
Shellfish					
Clam	84.2	10.4	0.9	1.9	2.6
Oyster	81.9	9.7	1.8	5.0	1.6
Abalone	83.9	13.0	0.4	0.6	2.1
Squid	81.8	15.6	1.0	0.1	1.5
Octopus	81.1	16.4	0.7	0.1	1.7
Tiger shrimp	77.2	20.5	0.7	0.1	1.6
Lobster	82.8	14.8	0.5	0.1	1.8

TABLE 4
Categories of Fish and Marine Invertebrates According to Oil and Crude Protein Contents

Type	Contents in flesh (% wet weight)		Typical species
	Oil	Protein	
Low oil-high protein	< 5	15—20	Cod, croaker, flounder, mullet, crab, lobster, scallop
Medium oil-high protein	5—15	15—20	Anchovy, mackerel, sablefish, sockeye salmon
High oil-low protein	> 5	< 15	Siscowet lake trout
Low oil-very high protein	< 5	> 20	Albacore, halibut, skipjack tuna
Low oil-low protein	< 5	< 15	Clam, oyster

Data from Stansby, M. E. and Hall, A. S., *Fish. Ind. Res.*, 3(4), 29, 1967.

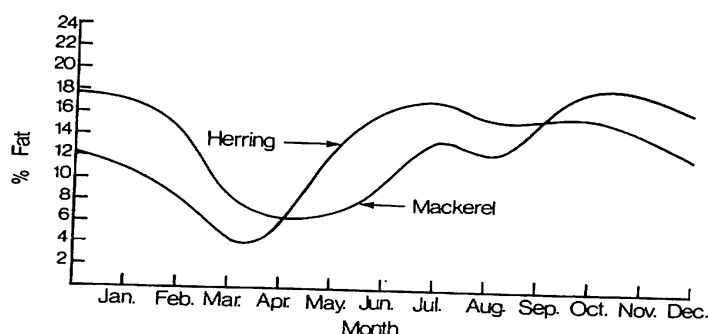


Fig. 1 The fat content of pelagic fish can vary considerably throughout the year; the graph shows the average fat contents of batches of herring landed at the same port in W. Scotland, and of batches of mackerel landed at the same port in S.W. England.

Table 5 Post mortem and sensorily detectable changes in raw fish

	pre-rigor	rigor-mortis	post-rigor(autolysis → putrefaction)
General appearance	bright with metallic lustre	some loss of lustre	color fadded or bleached
Slime of surface	clear and transparent	turbid, opaque or milky	thick, sticky grayish
Gills color	bright red or pinkish red	brownish red	brown or gray
odor	fresh odor	sour or fishy	strong sour
Flesh consistency	soft and elastic	firm and elastic	loss of elasticity
appearance	semi transparent	turbid	soft and flabby

TABLE 6
Sequence of Changes in the Main Components of the Muscles of Caught Fish

Stage after catch	Changes in main components		
Struggle in the fishing gear and on board Asphyxia	Ante-mortem exhaustion of reserves Gradual formation of anoxial condition in the muscles		
	Organic phosphates and glycogen	Nitrogenous compounds	Lipids
Early enzymatic processes	Dephosphorylation formation of glucose, sugar phosphates, and lactic acid; decrease in pH	Changes in blood proteins; decomposition of urea	Hydrolysis and initiation of oxidation
Rigor mortis		Interaction of the contractile system, release of hydrolases, decrease in hydration	
Loss of freshness	Further enzymatic breakdown; utilization of the degradation products by microflora	Early stages of autolysis; decomposition of TMAO; formation of volatile bases; increase in pH	Hydrolysis and oxidation; effect of microbes
Rapid bacterial growth	Utilization by microflora	Bacterial decomposition; increase in hydration; formation of volatile compounds	Inhibition of oxidation by some metabolites
Bacterial spoilage	Accumulation of volatile odorous products, formation of discolored slime, increase in plasticity of the muscles		

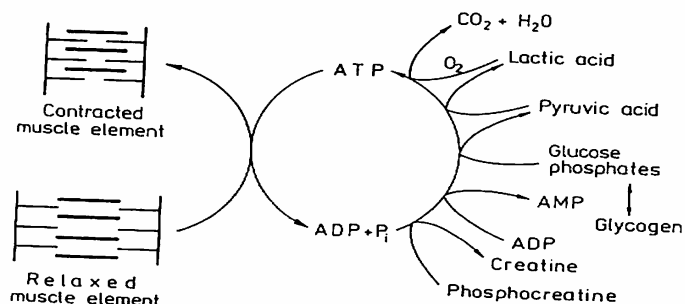


FIGURE 2. Organic phosphates and glycogen as energy sources for muscle contraction.

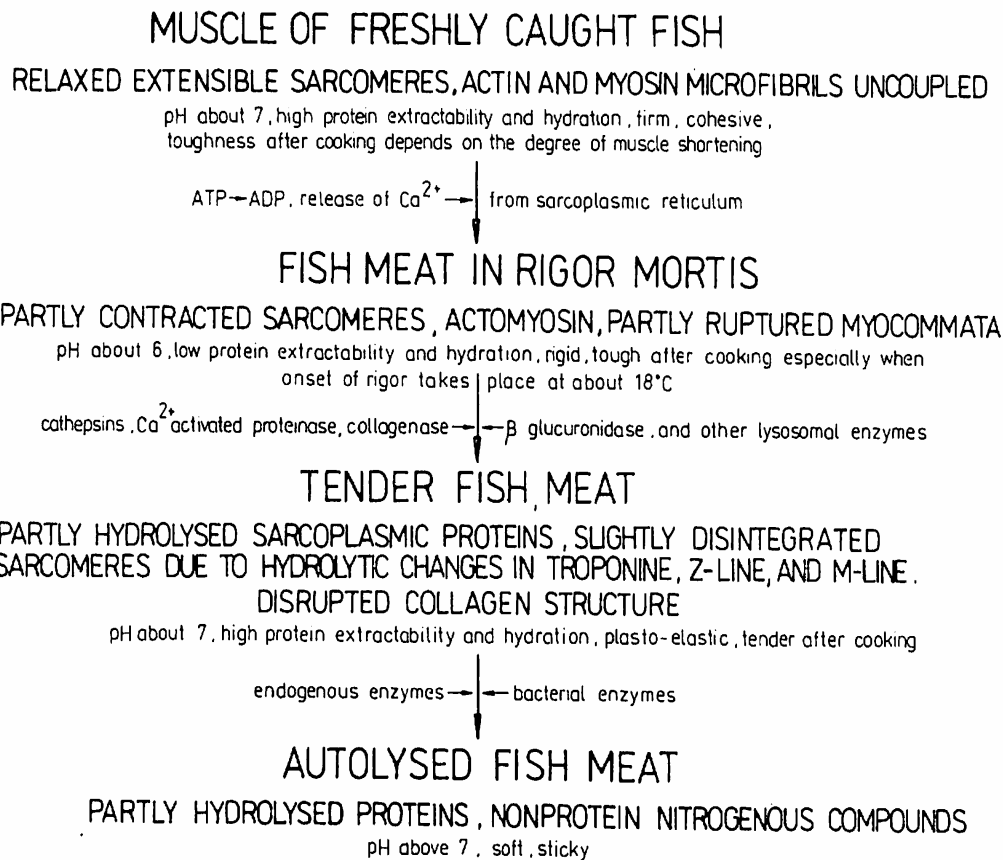


Fig 3 Changes in the muscles of fresh fish

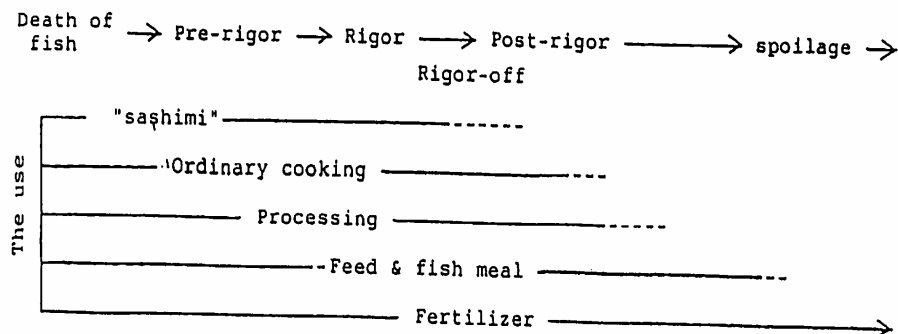


Fig.4 The use of the fish differing in the post-mortem stage

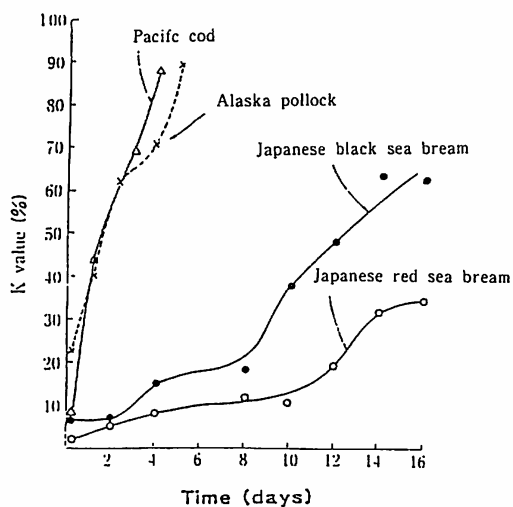


Fig. 7 Changes in K value during ice storage of some fish species.⁸⁾

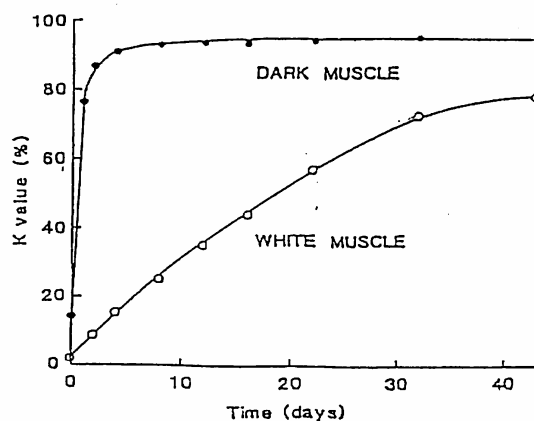


Fig. 8 Changes in K value of yellowtail white and dark muscles during ice storage.⁹⁾

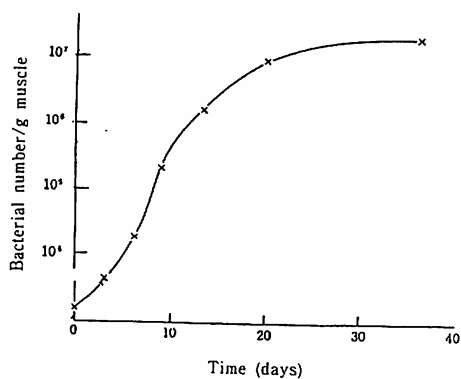


Fig. 9 Change of bacterial number in cod muscle during ice storage (adapted from data of Torry Research Station, Scotland)

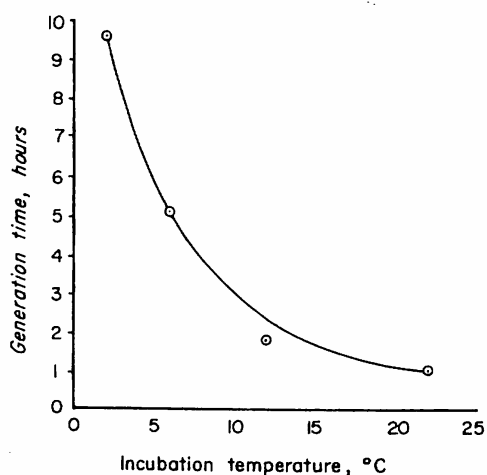


Fig. 10 Effect of incubation temperature on generation time of bacteria from iced fish

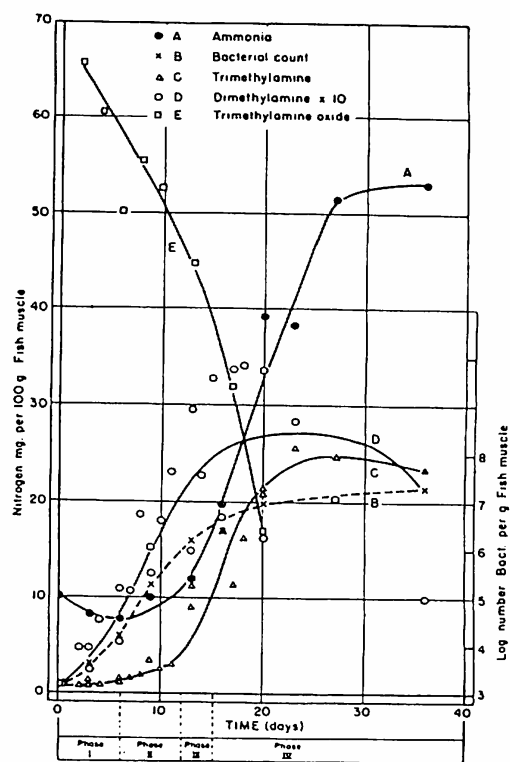


Fig. 11 Effect of storage period on bacterial count and decomposition of fish muscle (Reay and Shewan, 1949)

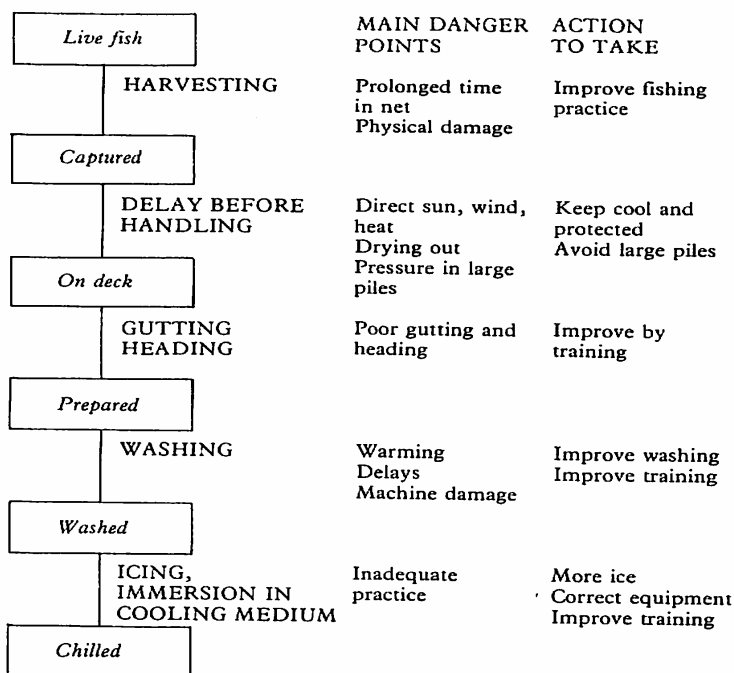


Fig. 12 Handling on board – simplified flow chart.

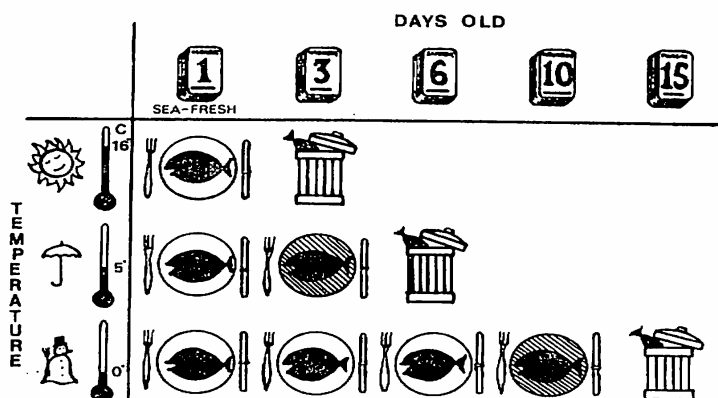


Fig. 13 The effect of temperature on the storage life of 'wet' fish is very marked; the storage lives illustrated are typical of demersal species caught in temperate or Arctic waters.

		DAYS OLD							
TEMP °C		1	3	5	7	9	11	13	15
15									
5									
0									

FIGURE 14 The relationship between temperature of storage and time before spoilage for lean fish such as cod. Shaded fish are approaching spoilage, and dark fish are completely spoiled.

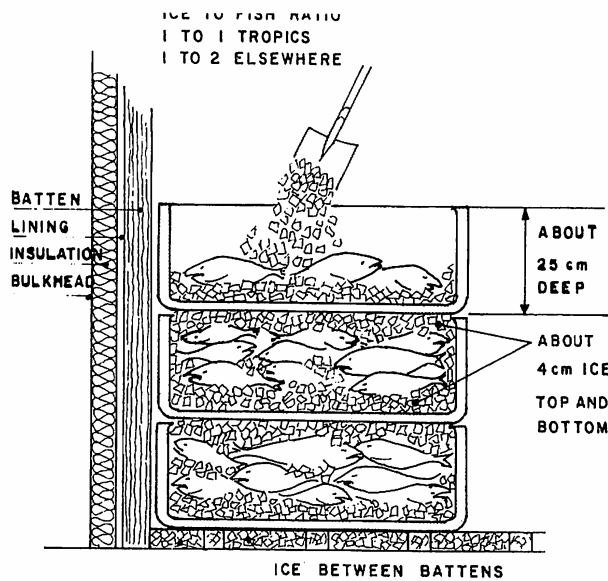


FIGURE 15 Proper boxed storage method.

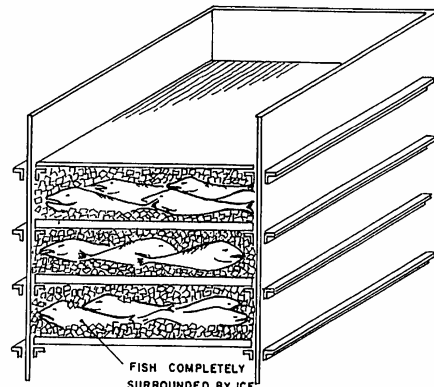


FIGURE 16 Correct shelving method. Fish are completely surrounded by ice to enhance even cooling.

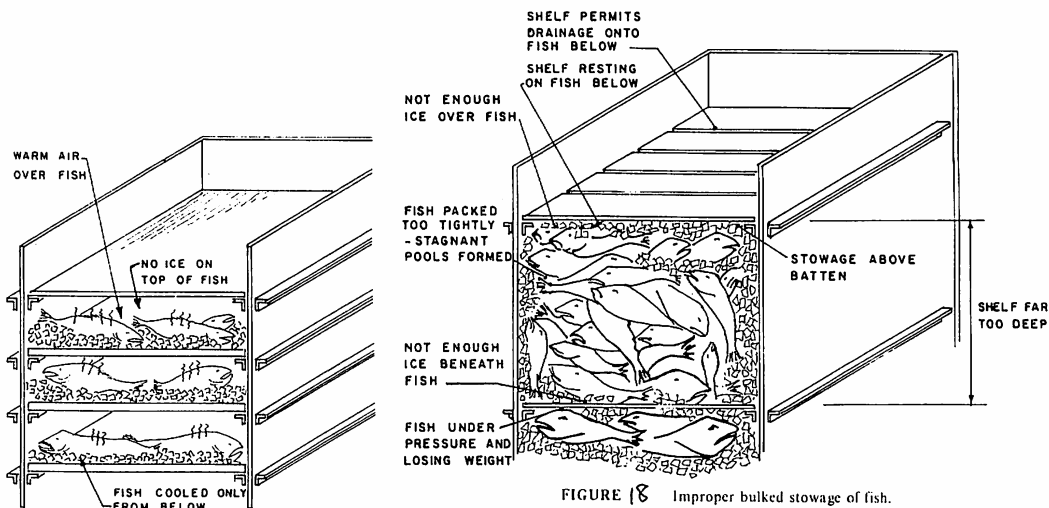


FIGURE 18 Improper bulked storage of fish.

FIGURE 17 Incorrect shelving method. No ice on top of fish allows the fish to warm, enhancing spoilage.

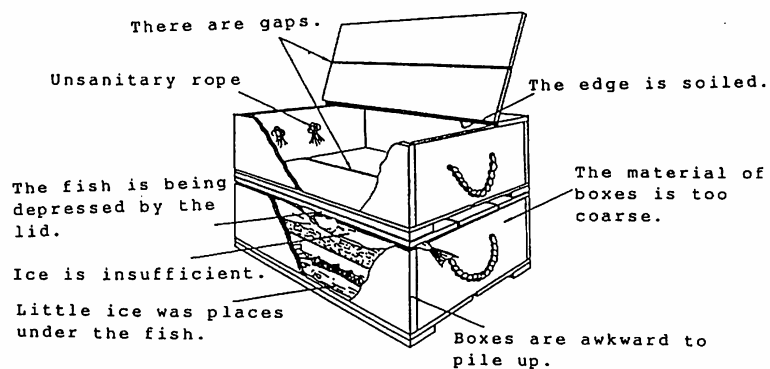


Fig. 19 Improper boxing with older style wooden boxes

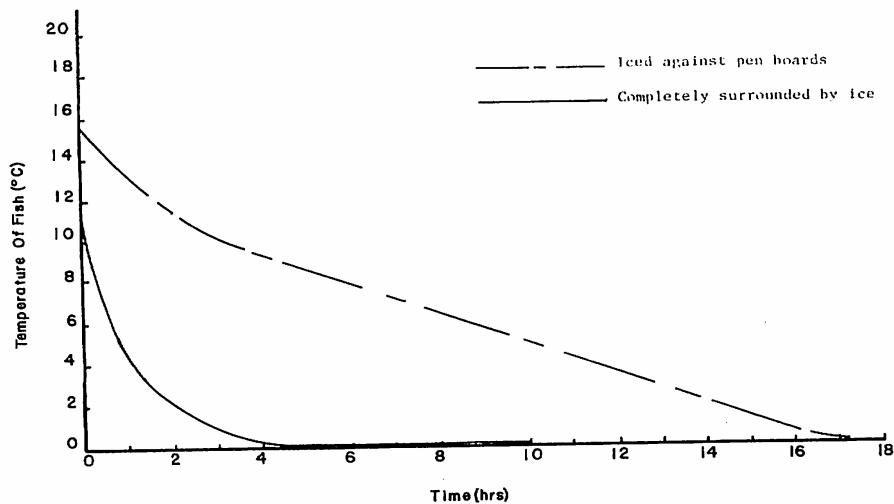


FIGURE 20 Cooling rates of properly and improperly iced haddock (Source. ASHRAE, 1978).

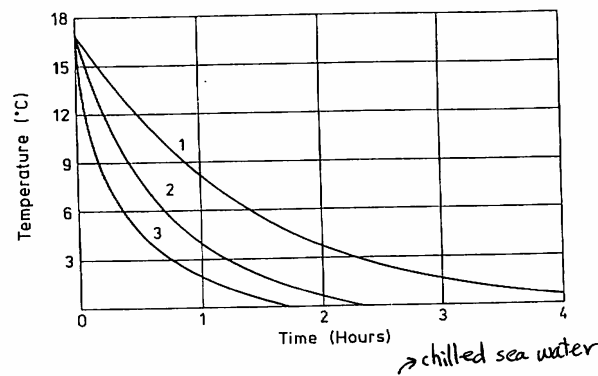


FIGURE 21 The temperature in snapper chilled in CSW. (1) Large fish, 3.8 kg, (2) medium, 1.3 kg, and (3) small, 0.8 kg. (From Harvie, R. E., Importance of Chilling in Producing Top Quality Snapper *Chrysophrys auratus* for the Japanese Market, International Institute of Refrigeration, Commissions C₂, D₁, D₂, D₃, Hamilton, 1982, 127. With permission.)

Table 8 Criterion of the amount of ice needed for the overland transportation

Season	Length of Icing (day)	Ratio of fish to ice* (weight)	
		Crushed ice	Ice-water**
Summer	3	1 : 3	5 : 3
	2	1 : 2	5 : 2
	1	1 : 1	5 : 1
Spring & Fall	3	1 : 2	5 : 2
	2	1 : 1	5 : 1
	1	2 : 1	10 : 1
Winter	3	3 : 1	15 : 1
	2	4 : 1	20 : 1
	1	5 : 1	25 : 1

* The capacity of fish is about 0.4 t/m³ by crushed ice cooling (dry icing), and about 0.6 t/m³ by ice-watermixture cooling.

** The ratio of ice to water (saline) is usually 2~1 : 1 by weight.

Table 9 Storage lives of fish and shellfish when stored in melting ice.

Type of commodity	Number of days to the end of	
	High quality	Edibility
White-fleshed, average size, gutted or ungutted		
Caught in temperate and cold water	3-4	12-18
Caught in warm water	6-8	18-35
Large halibut, tuna and similar fish	5-6	21-22
Dark-fleshed, small fish, gutted or ungutted		
Low fat	2-3	6-9
High fat, containing large amount of feed	1-1½	4-6
Shellfish		
Caught in temperate and cold water	2-3	6-10
Caught in warm water	3-4	8-12

TABLE 10 MAXIMUM STORAGE TIME FOR AQUATIC SPECIES IN MELTING ICE

Species	Time (days)	
	Reference: FAO, 1975	Reference: Connell, 1980
Cod	15-16	12-18
Hake	8-10	
Redfish	Over 15	
Shark	8	
Herring	4-5	
Mackerel	4-5	
Whiting	Less than 15	
Tuna		21-22
Halibut		21-22
Shrimp, prawn, abalone, scallop		6-10
Warm-water shellfish		8-12

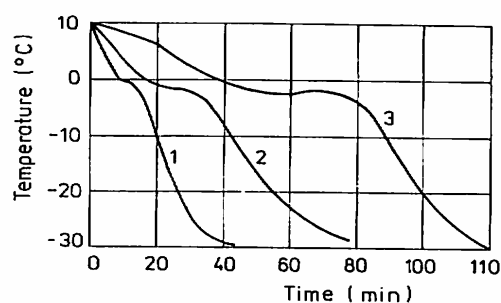


FIGURE 22 The temperature in a block of fish fillets, 75 mm thick, frozen in a plate freezer at -33°C . (1) Surface; (2) 10 mm deep; and (3) center of the block.

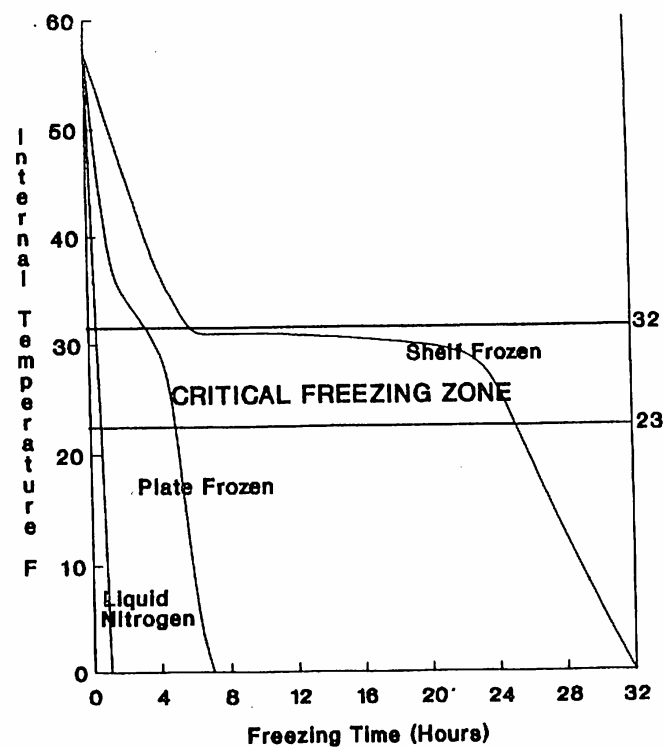


Figure 23 Critical Freezing Time.

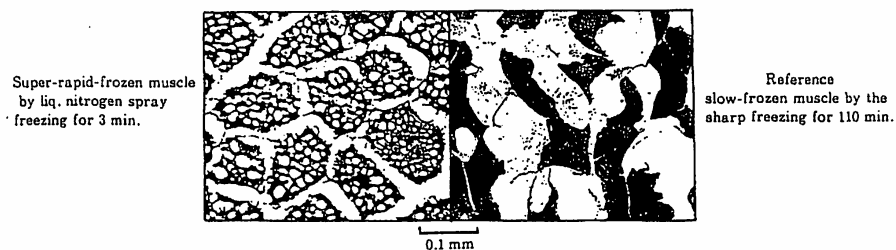


Fig. 24 Microscopic pictures of cross sections of mackerel muscle frozen rapidly or slowly and stored for 2 months at -20°C .
Black area; Muscle cells. White area; Location of ice crystals.

TABLE 11
Amount of Ice in Frozen Muscle
Formed at Different Temperatures

Temperature $^{\circ}\text{C}$	Ice %*	Temperature $^{\circ}\text{C}$	Ice %*
0	0	-8	82
-1	8	-9	83
-2	52	-10	84
-3	66	-12	86
-4	73	-15	87
-5	77	-20	89
-6	79	-30	90
-7	81	-40	90

* Percent of total water content.

Data from Riedel, L., *Kältetechnik*, 8, 374, 1956.

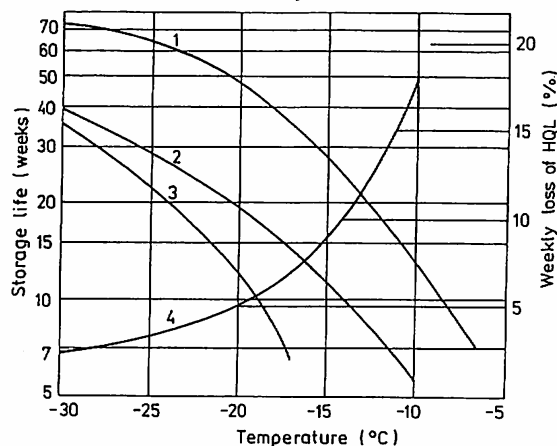


FIGURE 25 Time temperature tolerance of frozen fish. (1) Haddock, PSL; (2) haddock, HQL; (3) herring, PSL; and (4) loss of HQL of haddock.

Table 12 Storage lives of different frozen fish products at various temperatures.

Type of commodity	Number of months in good condition at a temperature of	
	-18°C	-30°
Lean fish, whole or fillet blocks	4-8	8-24
Lean fish, individually quick frozen (IQF) fillets	3-6	6-18
Smoked lean fish	3-6	6-18
Fatty fish	3-4	6-12
Smoked fatty fish	2-4	6-12
Breaded and battered products	6-9	12-24
Crustacea	4-6	8-18
Molluscs	3-4	6-12

In all cases it is assumed that the commodity is adequately protected against dehydration. Further protection against oxidative rancidity by, for example, vacuum packaging may extent the storage lives of fatty products.

TABLE 13
Example of Calculating the Total Loss of HQL in
Frozen Cod

Stage	Average temperature (°C)	Storage time (weeks)	Weekly* loss of HQL (%)	Total loss of HQL (%)
Producer	-20	0.4	4.9	2.0
	-30	4.0	2.5	10.0
Transport	-18	0.3	6.0	1.8
Cold store	-30	20.0	2.5	50.0
Transport	-22	0.4	4.5	1.8
Wholesaler	-20	2.0	4.9	9.8
Transport	-20	0.1	4.9	0.5
Display cabinet	-15	1.0	8.9	8.9
Total loss of HQL				84.8

high quality life

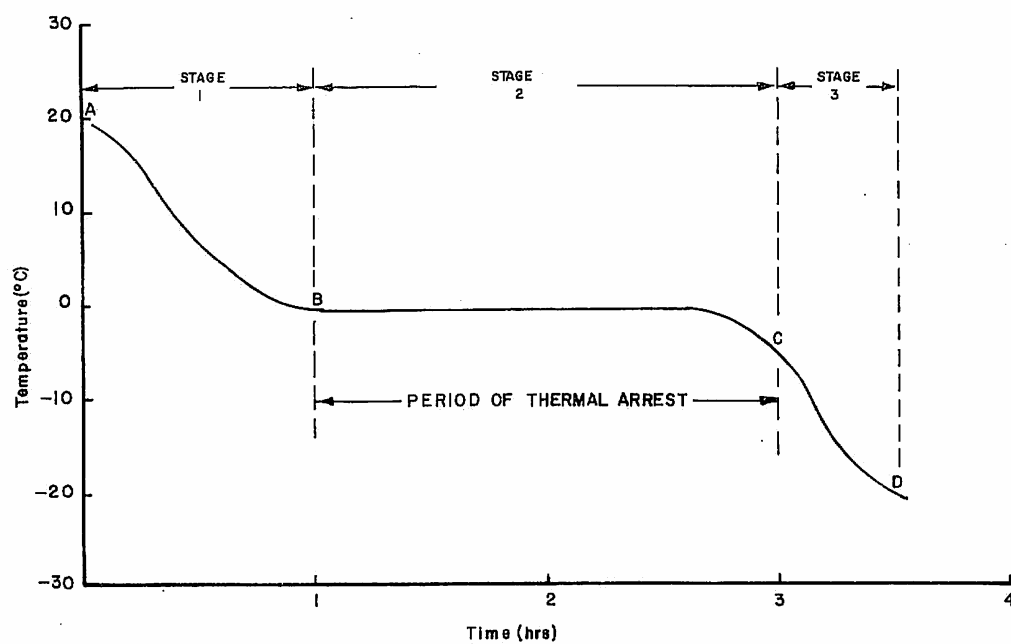


FIGURE 26 Time-temperature relationship for the cooling and freezing of fish (Source: FAO, 1977).

Table 7 A freshness grading scheme used in the European Economic Community for whole, chilled cod, haddock, whiting (*Merlangius merlangus*), ling, hake, saithe and redfish (*Sebastes* spp.) based partly on the freshness odour scale given above.

Grade	Extra	A	B	C (unfit)
Skin	Bright, shining, iridescent (not redfish) or opalescent, no bleaching	Waxy, slight loss of bloom, very slight bleaching	Dull, some bleaching	Dull, gritty, marked bleaching and shrinkage
Outer slime	Transparent or water white	Milky	Yellowish-grey some clotting	Yellow-brown, very clotted and thick
Eyes	Convex black pupil, translucent cornea	Plane, slightly, opaque pupil, slightly opalescent cornea	Slightly concave, grey pupil, opaque cornea	Completely sunken, grey pupil, opaque discoloured cornea
Gills	Bright red mucus, translucent	Pink, mucus slightly opaque	Grey, bleached, mucus opaque and thick	Brown, bleached, mucus yellowish grey and clotted
Peritoneum	Glossy, brilliant, difficult to tear from flesh	Slightly dull, difficult to tear from flesh	Gritty, fairly easy to tear from flesh	Gritty, easily torn from flesh
Gill and internal odours	Fresh, strong seaweedy, shellfishy	No odour, neutral odour, trace of musty, mousy, etc.	Definite musty mousy etc., bready, malty etc.	Acetic, fruity amines, sulphide, faecal

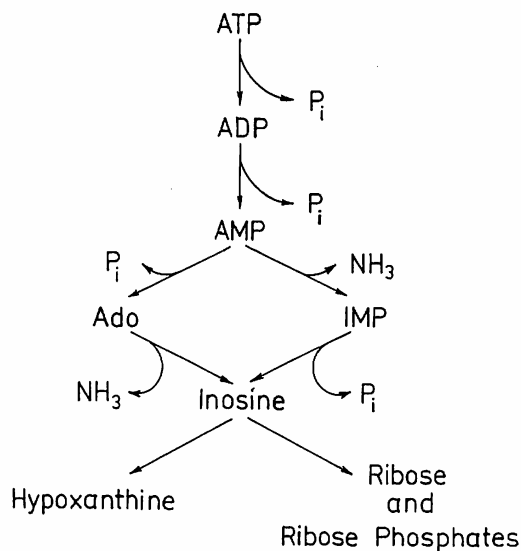


FIGURE 5 A simplified summary of nucleotide degradation.

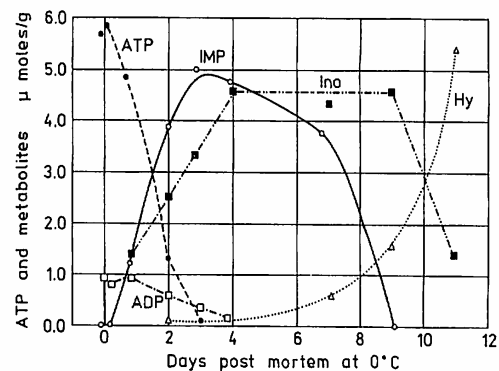
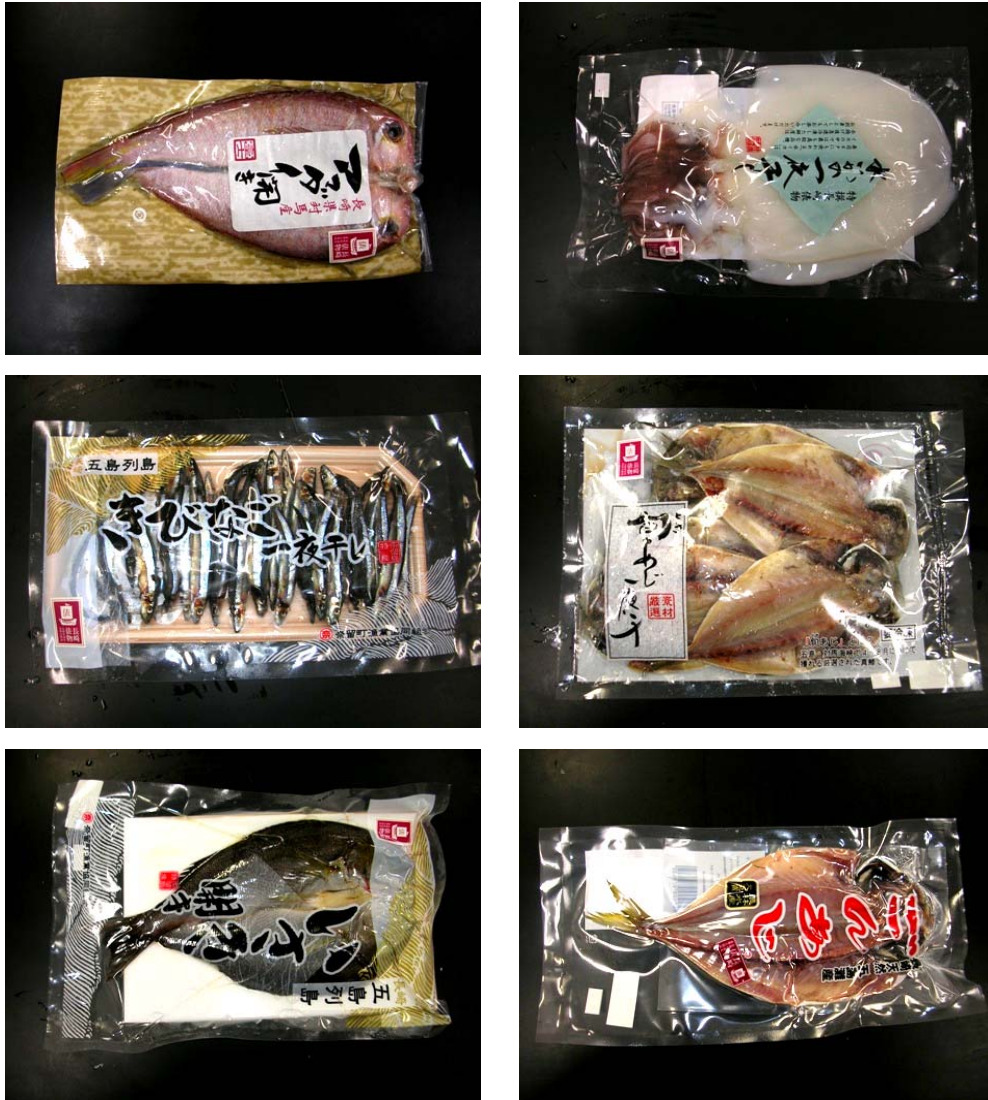


FIGURE 6 Nucleotide degradation in the flesh of well-rested cod. (From Fraser, D. J., Dingle, J. R., Hines, J. A., Nowlan, S. C., and Dyer, W. J., *J. Fish. Res. Board Can.*, 24, 1837, 1967. With permission.)

$$K(\%) = \frac{[HxR] + [Hx]}{[ATP] + [ADP] + [AMP] + [IMP] + [HxR] + [Hx]} \times 100$$

2. PRODUK IKAN YANG DIASINKAN DAN DIKERINGKAN

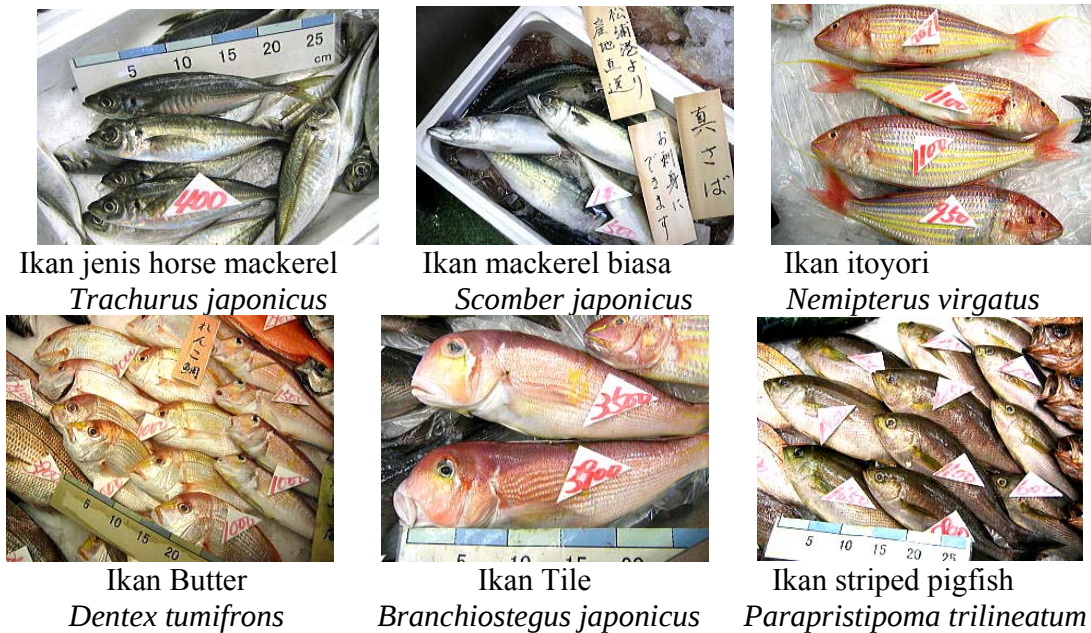
Sebagai produk makanan laut, proses pembuatan produk ikan yang diasinkan dan dikeringkan sangatlah mudah. Namun demikian, hasil akhir produk ikan yang diasinkan dan dikeringkan sangat ditentukan oleh kondisi bahan mentahnya. Produk yang warna kulit luarnya semirip warna bahan mentahnya, dengan daging yang mengkilap serta banyak mengandung lemak kasar lebih banyak disukai.



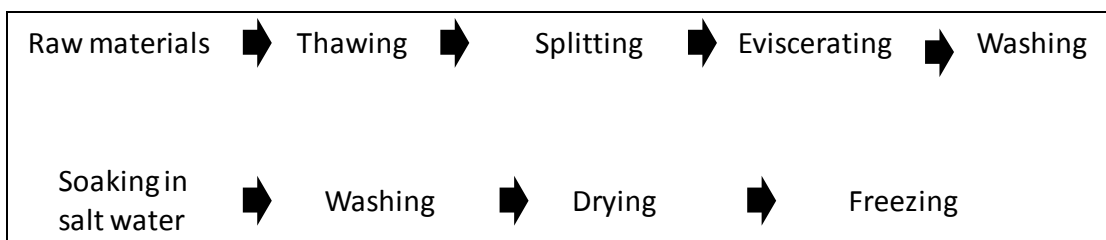
Gambar 1 – produk-produk yang sudah dipotong dan dikeringkan

2.1 Proses Produksi Ikan yang Diasinkan dan Dikeringkan:

Sebagai bahan baku ikan yang diasinkan dan dikeringkan biasanya adalah jenis ikan horse mackerel, mackerel biasa, ikan Itoyori, yellow sea bream, ikan butter, ikan tile, ikan striped pigfish, dll, yang panjangnya berkisar 20cm~25cm.



Gambar 2 – Bahan baku untuk produk ikan yang diasinkan dan dikeringkan.



Bahan mentah → dicairkan → dikelompokkan → dikeluarkan bagian dalamnya → dicuci → direndam dalam larutan garam → dicuci → dikeringkan → dibekukan

Gambar 3 – Proses produksi ikan yang diasinkan dan dikeringkan.

Bahan baku:

Bila bahan bakunya menggunakan ikan yang sudah dibekukan, maka ikan harus dicairkan dahulu pada air yang mengalir atau dalam suatu wadah. Untuk proses pencairan ini, penting dijaga agar ikan tetap dalam keadaan setengah cair (*half-thawing*) untuk keperluan proses selanjutnya.

Proses pengeluaran bagian dalam:

Ada dua bentuk ikan yang diasinkan dan dikeringkan: yang pertama dibelah dari sisi perutnya dan yang satu lagi dibelah dari punggungnya. Di Jepang, cara pembelahan ikan yang diasinkan tergantung pada area dan jenis ikannya. Untuk mengeluarkan bagian dalam ikan harus dilakukan dengan sangat hati-hati agar penampilan fisik produk tidak rusak. Tambahan lagi, diantara bagian dalam ikan, bagian insang cukup sulit dikeluarkan bila memakai pisau. Insang ikan harus dikeluarkan dengan

sebuah sikat gigi atau sejenisnya. Setelah bagian dalam dikeluarkan, selanjutnya kulit hitam yang ada di bagian daging perut ikan harus juga dikeluarkan. Cara mengeluarkan kulit hitam ini dengan digosok menggunakan pisau atau sikat gigi. Bila produk akan divacuum sebelum dimasukkan dalam pembungkus pada tahap akhir proses produksi, periksa apakah ada bekas tusukan garpu pada bagian punggung ikan. Bekas tusukan garpu ini nantinya bisa menjadi suatu lubang besar dalam proses vacuum. Maka periksa bagian punggung ikan dengan merabanya menggunakan jari, bila ada bekas tusukan, potonglah bagian tersebut dengan pisau. Setelah bagian dalam dikeluarkan, selanjutnya ikan dicuci dengan air dingin. Sebelum dicuci, pastikan bahwa semua bagian dalam sudah dikeluarkan. untuk bagian sisik ikan biasanya tidak perlu dibersihkan.

Perendaman dalam larutan garam:

Untuk proses produksi masal produk ikan yang diasinkan dan dikeringkan, proses perendaman harus dilakukan. Umumnya, bahan baku direndam dalam larutan garam dingin 15% dengan volume 5 kali berat total ikan selama 15 menit. Kondisi pelarutan seperti diatas bisa disesuaikan sesuai kondisi ikan (umumnya, bila ikan sudah hilang kesegarannya, larutan garam akan dengan mudah meresap ke dalam tubuh ikan. Untuk ikan yang memiliki kandungan minyak lipid yang tinggi-*crude-lipid content*, larutan garam akan sulit meresap masuk ke dalam daging ikan) atau bisa juga komposisi larutan garam ini ditentukan oleh pembelinya. Setelah proses perendaman dalam larutan garam, ikan direndam kembali dalam air dingin selama 5 menit untuk menghilangkan unsur garam dari badan ikan atau dari bagian permukaannya. Bila ingin menggunakan zat anti oxidant, disinilah saatnya dengan melarutkan zat tersebut di dalam air dingin. Terutama untuk produk yang diperuntukkan bagi orang Jepang, produk dengan kandungan garam yang tinggi memiliki kecenderungan untuk tidak disukai. Oleh karenanya perlu di ingat untuk membatasi tingkat keasinan produk akhir dalam rentang 2.0 - 2.5% saja.

Pengeringan/penjemuran:

Bila pengeringan menggunakan suatu alat, atur ikan pada papan pengeringan dengan posisi kulit menghadap ke bawah. Bila pengeringan menggunakan udara hangat bersuhu sekitar 40°C, lakukan pengeringan selama 20 menit. Bila terdapat tetesan air pada permukaan produk, dilap dengan menepuk-nepuk kulit ikan menggunakan kertas tissue atau yang sejenisnya. Bila pengeringan menggunakan udara dingin bersuhu 20°C, lakukan pengeringan selama 40 menit dengan posisi kulit menghadap ke bawah, kemudian lakukan pembalikan, dan jemur kembali selama 40 menit atau lebih. Badan ikan yang sudah kering kemudian di vacuum berikut kemasannya (*vacuum-packed*) untuk proses pembekuan.

Pembekuan:

Bila produk di jual dalam kemasan yang telah di vacuum, maka ikannya harus divacuum berikut kemasannya (*vacuum-packed*) sebelum dilakukan proses pembekuan. Dalam hal ini, pembekuan cepat (*quick freezing*) lebih disarankan. Jangan melakukan pembekuan pada produk yang dibungkus dengan polystyrene foam (untuk tujuan pengiriman).

2.2 Proses Pengasinan:

Untuk mengasinkan ikan ada dua proses; yang pertama dengan menyemprotkan garam padat secara langsung pada badan ikan, dan yang satu lagi dengan menyiapkan suatu larutan garam dan merendam ikan di dalamnya. Untuk mengasinkan jumlah ikan yang banyak dalam waktu yang relatif singkat, maka proses yang kedua yang di terapkan.

Proses menyemprotkan garam langsung ke tubuh ikan:

Garam yang disemprotkan pada tubuh ikan akan larut pada air yang melekat pada permukaan tubuh ikan, yang kemudian membentuk rendaman larutan garam pekat dan menutupi seluruh badan ikan, yang menjadi tempat pertemuan pemasukan unsur garam dan penghisapan cairan ke dalam tubuh ikan. Proses ini memiliki keuntungan seperti efisiensi pengeringan cairan yang tinggi dan tidak memerlukan suatu fasilitas atau alat yang khusus. Namun demikian, ada kemungkinan akan terjadi ketidakrataan masuknya unsur garam. Tambahan lagi, penampilan fisik produk menjadi jelek karena terjadinya penghisapan unsur cairan secara cepat (*rapid dehydration*) ke dalam tubuh ikan.

Proses merendam ikan dalam larutan garam:

Buatlah suatu larutan garam dalam suatu wadah seperti tangki atau ember dan masukkan ikan ke dalamnya. Melalui proses ini, garam dapat masuk secara merata dan tubuh ikan tidak terkena udara bebas selama pemrosesannya; yang berarti sulit untuk terjadinya suatu oksidasi lipid. Ada keuntungan lainnya, seperti tidak terjadinya pemasukan cairan yang berlebihan, penampilan fisik produk yang baik, kaya akan aroma, dan lain-lain. Sebaliknya, ada kekurangannya seperti biaya yang harus dikeluarkan untuk membuat fasilitas perendaman serta pengaturan tempat perendaman yang besar, jumlah garam yang besar, dll. Semakin besar konsentrasi larutan garam, maka semakin besar pula volume penyerapan cairan yang bisa dihasilkan.

2.3 Proses Pengeringan:

Proses pengeringan bahan makanan ini dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, kecepatan angin, kandungan uap dan minyak lipid, daya konduksi panas dari bahan bakunya, dll. Proses pengeringan diklasifikasikan secara umum dalam pengeringan alamiah dan pengeringan buatan.

2.3.1 Proses Pengeringan dengan Sinar Matahari:

Proses pengeringan ini sifatnya alamiah, dimana kandungan air dari bahan baku diuapkan menggunakan pancaran panas sinar matahari. Bila memiliki ruangan yang cukup lebar, maka tidak diperlukan lagi suatu fasilitas yang khusus. Namun, kelemahannya adalah mutu produk tergantung kondisi cuaca dan proses ini tidak dapat dilakukan selama musim hujan. Selanjutnya, oksidasi minyak lipid dilakukan oleh zat ultraviolet dari pancaran sinar matahari, yang menyebabkan terjadinya perubahan warna pada produk akibat minyak yang dihasilkan.

2.3.2 Proses Pengeringan dengan Udara Hangat:

Proses ini mengeringkan produk dengan suhu kamar atau pada suhu sekitar 50°C. pengeringan dapat dilakukan cukup cepat, namun bila suhu terlalu tinggi, maka akan terjadi penurunan mutu pada permukaan daging ikan, yang mengakibatkan penampilan produk menjadi jelek.

2.3.3 Proses Pengeringan dengan Udara Dingin:

Proses ini mengeringkan produk dengan udara yang bebas uap air (*moisture-eliminated air*) yang kelembaban relatifnya sekitar 20%, dengan menggunakan suhu dibawah suhu kamar (15-35°C); yang disebut juga proses pengeringan bersuhu rendah atau metode pengeringan tanpa kelembaban (*dehumidifying drying method*), karena memerlukan alat untuk penghilang kelembaban udara (*dehumidifier*). Keadaan kering terbentuk akibat perbedaan tekanan penguapan (*vapor pressure*) yang terjadi di antara produk dengan udara dingin. Karena produk tidak dipanaskan selama proses ini, dan meski kecepatan pengeringannya lambat, oksidasi minyak lipid atau perubahan warna akibat proses kimiawi Millard (*Millard chemistry*) tidak terjadi. Sehingga produk akhir proses ini memiliki permukaan yang mengkilap (*gloss*).

2.3.4 Proses Pengeringan dengan Menggunakan Jelly Silika (*silica gel*):

Bungkus bahan ikan yang akan diproses dengan bahan kertas kaca (*cellophane*) dan benamkan dalam jelly silika, yang sudah dihilangkan kelembabannya sebelumnya. Kemudian dalam keadaan tersegel, simpan produk selama satu malam atau lebih dalam suhu rendah (sekitar 10°C). Keadaan kering terbentuk, sama seperti pada proses pengeringan dengan udara dingin, akibat perbedaan tekanan penguapan, dan juga akibat penyerapan uap air pada produk oleh jelly silika melalui bahan kertas kaca (*cellophane*). Karena produk tidak dipanaskan selama proses ini, dan meski kecepatan pengeringannya lambat, oksidasi minyak lipid atau perubahan warna akibat proses kimiawi Millard (*Millard chemistry*) tidak terjadi. Sehingga produk akhir proses ini memiliki permukaan yang mengkilap (*gloss*). Jelly silika dapat dipergunakan berulang-ulang dengan cara dijemur setiap kali selesai dipakai. Ada pula proses yang mempergunakan tumbuhan dan abu kayu sebagai pengganti jelly silika.

2.3.5 Proses Pengeringan dengan Menggunakan Lembaran Penyerap Air (*water absorption sheet*):

Bungkus ikan yang akan diproses dengan suatu bahan penyerap air kemudian simpan selama satu malam dalam suhu rendah (sekitar 10°C). Keadaan kering terbentuk akibat penyerapan langsung uap air pada produk oleh lembaran penyerap. Akibatnya oksidasi minyak lipid atau perubahan warna akibat proses kimiawi Millard (*Millard chemistry*) tidak terjadi. Sehingga produk akhir proses ini memiliki permukaan yang mengkilap (*gloss*). Proses ini cocok untuk menghasilkan produk yang diasinkan dan dikeringkan bermutu tinggi dengan proses yang sederhana. Kelemahannya yaitu lembaran penyerap air ini amat mahal dan tidak dapat dipergunakan berulang kali.

3. PRODUK IKAN LAUT YANG DIENDAM DALAM CUKA (SHIME – SABA ATAU MACKEREL DALAM RENDAMAN CUKA)

Produk ikan mackerel yang direndam dalam cuka dihasilkan dari perendaman potongan-potongan irisan ikan mackerel yang telah diasinkan dalam larutan cuka. Produk ini tersebar luas di Jepang sebagai produk makanan laut yang telah diproses, namun bentuknya berbeda-beda sesuai daerahnya. Produk mackerel dalam cuka diproduksi dengan merendam potongan daging ikan (*fillet*) dalam larutan asam asetat (*acetic acid*) untuk merubah bentuk dan mengeraskannya. Hal ini berarti protein yang ada dalam daging ikan telah diubah dan dikeraskan. Produk mackerel dalam cuka yang dijumpai di daerah Kyushu di Jepang diproses melalui perendaman daging ikan mackerel dalam larutan asam asetat dalam waktu singkat, sehingga asam asetat hanya masuk pada bagian permukaan daging ikan. Selanjutnya, karena asam asetat mengandung banyak kadar gula, maka produknya terasa asam manis. Dilain pihak, produk yang dijumpai di daerah utara sampai daerah barat, *Kansai*, asam asetatnya masuk sampai ke dalam daging ikan, sehingga rasa manisnya agak berkurang.



Gambar 1 – Produk makanan laut dalam rendaman cuka

3.1 Proses Produksi Produk Mackerel Dalam Cuka (Shime-saba):

Sebagai bahan bakunya, ikan mackerel biasa, ikan snake mackerel, Atlantic mackerel, dll. banyak digunakan. Namun, untuk jenis ikan snake mackerel dan Atlantic mackerel, daging ikannya mudah rusak, sehingga perlu diperhatikan sekali proses produksinya.



Scomber japonicus



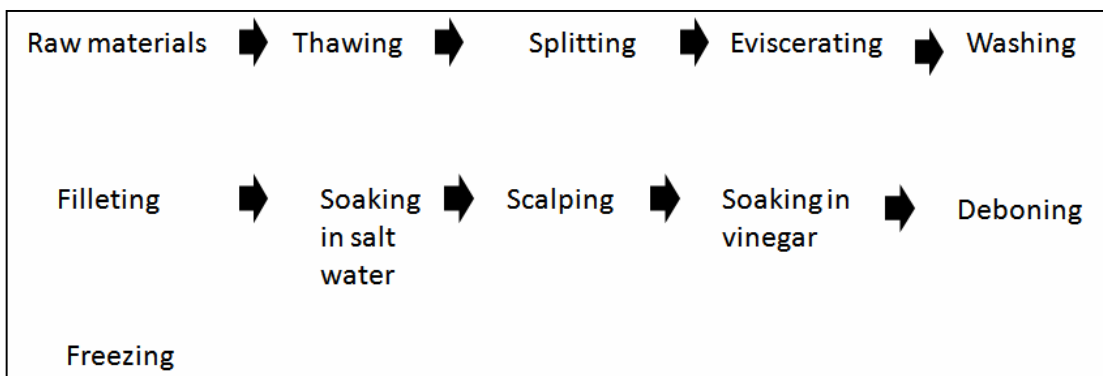
Trachurus japonicus



Parapristipoma trilineatum

Gambar 2 – bahan baku produk makanan laut yang direndam dalam cuka.

Bahan baku → dicairkan → dikelompokkan → dikeluarkan bagian dalamnya → dicuci



→ diiris (dipotong) → direndam dalam larutan garam → dikuliti → direndam dalam larutan cuka → dihilangkan tulang-tulanganya → dibekukan

Gambar 3 – proses produksi makanan laut dalam rendaman cuka.

Bahan baku:

Bila menggunakan bahan baku yang sudah dibekukan, pencairan dilakukan pada air yang mengalir atau dalam suatu wadah. Untuk proses pencairan ini, penting dijaga agar ikan tetap dalam keadaan setengah beku (*half-thawing*) untuk keperluan proses selanjutnya. Bila menggunakan ikan mackerel sebagai bahan bakunya, kesegaran ikan ini cepat sekali rusak, sehingga ikan mackerel dalam keadaan setengah cair yang lebih disukai daripada ikan yang segar.

Pengeluaran bagian dalam:

Secara umum, proses ini sama dengan produk yang diasinkan dan dikeringkan. Proses pengeluaran bagian dalam ikan harus dikerjakan dengan penuh kehati-hatian agar tidak merusak penampilan fisik produk akhirnya.

Pengirisan/pemotongan daging ikan:

Orang Jepang biasanya lebih suka memilih produk dari segi penampilan daripada segi rasa produknya. Karena itu pemotongan daging ikan harus dilakukan dengan penuh kehati-hatian agar tidak merusak penampilan fisik produk akhirnya.

Perendaman dalam larutan garam:

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air dari daging ikan dengan tekanan osmosis dan pada saat bersamaan mengubah daging ikan sehingga lebih mudah untuk mengupas kulitnya. Untuk tujuan ini, lebih efisien untuk merendam bahan produk dalam larutan garam dengan konsentrasi tinggi dalam waktu yang singkat..

Pengulitan daging ikan:

Proses ini bertujuan menghilangkan bagian kulit daging ikan. Untuk proses ini, harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak membuang bagian berwarna perak (*silver part*) dari kulit ikan. Dalam bahasa Jepang disebut *Gin-me*. Bila bagian berwarna perak terbuang, maka akan menghilangkan nilai komoditas produk ini.

Perendaman dalam larutan cuka:

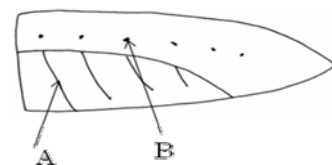
Bahan baku direndam dalam 2-4% larutan asam asetat dengan suhu berkisar 5-10°C selama satu malam. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, produk yang dijumpai di daerah Kyushu, asam asetatnya hanya masuk sampai permukaan kulit ikan, maka ikan direndam dalam konsentrasi larutan asam asetat yang rendah (kurang dari 2%); lalu, untuk menambah rasa manis, gula dalam jumlah besar (5-10%) dan bahan penutup rasa sejenis asam amino (1%) dilarutkan dalam larutan asam asetat.

Untuk produk di daerah lain secara umum, bahan baku direndam dalam larutan cuka dengan konsentrasi asam asetat 3-4% (produk yang didistribusikan untuk pasar Jepang, mempunyai konsentrasi standar asam asetat 4.2%). Untuk merendam ikan dalam larutan asam asetat, diperlukan suatu tangki air yang besar. Untuk itu, harus diperhatikan agar daging-daging ikan tidak saling menindih satu sama lain sehingga semua potongan/irisan daging ikan dapat terendam dengan sempurna. Untuk menekan produk yang ada dalam tangki perendaman, jangan menggunakan benda berat, yang akan merusak bentuk produk, tapi gunakanlah papan jaringan yang terbuat dari plastik untuk menekan produk pelan-pelan.

Pencabutan tulang-tulang:

Tulang-tulang yang ada pada bagian A daging ikan harus dicabut

Dengan menggunakan gunting tang (*forceps*). Sedangkan tulang-tulang lain, pada bagian B, berposisi tegak lurus pada sisi badan, untuk itu tidak perlu dicabut.



Pembekuan produk:

Produk, yang telah diresapi dengan asam asetat, dapat dikirim dalam keadaan didinginkan (*frozen*). Namun demikian, meski tidak terjadi pertumbuhan bakteri, kadang dijumpai titik-titik putih (*white spots*) pada produknya, sehingga perlu kehati-hatian untuk menghindari hal ini. Tambahan lagi, meski dalam penyimpanan beku bersuhu -20°C , asam asetat dapat meresap ke dalam daging ikan. Sehingga untuk produk yang akan dikirim ke daerah Kyushu, tidak boleh disimpan dengan membekukan produk untuk jangka waktu yang lama.

3.2 Perhatian bila menggunakan bahan baku ikan mackerel:

Keracunan zat Histamine:

Tidak terbatas pada ikan mackerel, tapi untuk jenis-jenis ikan migratory yang banyak mengandung histidine, perlu diperhatikan tentang zat histamine. Orang Jepang mempunyai ketanggungan daya tahan yang relative kuat terhadap histamine, namun dikatakan bahwa bila seseorang memakan daging yang mengandung 100mg/100g histamine, maka akan membahayakan dirinya. Untuk itu, sebelum melakukan pengiriman produk, beberapa sampel acak harus diperiksa untuk memastikan jumlah kandungan histamine dalam produk. Ada beberapa jenis alat inspeksi histamine tersedia, dengan harga yang tidak terlalu mahal.

Zat Anisakiasis :

Dalam beberapa kasus, anisakiasis dijumpai pada ikan mackerel. Khususnya, anisakiasis dijumpai pada ikan mackerel yang ditangkap pada musim panas. Bila seseorang menelan anisakiasis, maka zat tersebut dapat melubangi dinding perut yang menyebabkan bisul perut (*gastric ulcer*), memacu alergi dan sejenisnya. Namun, anisakiasis dapat dihancurkan dengan proses pembekuan, sehingga keadaan bahaya dapat dicegah dengan membekukan produk pada tahap distribusi/pengiriman (disebutkan untuk membekukan produk pada suhu -20°C selama lebih dari 24 jam).

4. PRODUK YANG DIASAP

Produk ikan laut yang diasap dapat terbagi dua kategori yaitu pengasapan dingin (*cold smoking*) dan pengasapan panas (*hot smoking*). Bentuk produknya bervariasi, seperti mengasapkan satu ikan secara utuh, mengasap dengan memotong kepala dan mengeluarkan bagian dalam ikan, mengasap ikan yang telah dibelah dari punggungnya, mengasap ikan yang telah difilet dll. Di Jepang, ikan-ikan seperti salmon, *trout*, *herring*, *yellow tail*, *squid*, *devil fish*, dll., banyak digunakan sebagai bahan mentahnya.



Gambar 1 – produk ikan yang diasap.

4.1 Proses produksi ikan yang diasap:

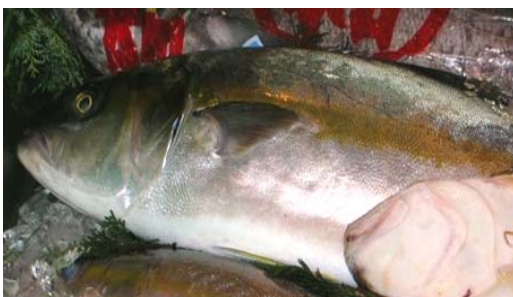
Sebagai bahan mentahnya, ikan jenis salmon, *trout*, *herring*, *amberjack*, *squid*, *devil fish*, belut (*eel*), *scallop eyes*, dll, banyak digunakan.



Oncorhynchus keta



Clupea pallasii



Seriola Quinqueradiata



Todarodes Pacificus

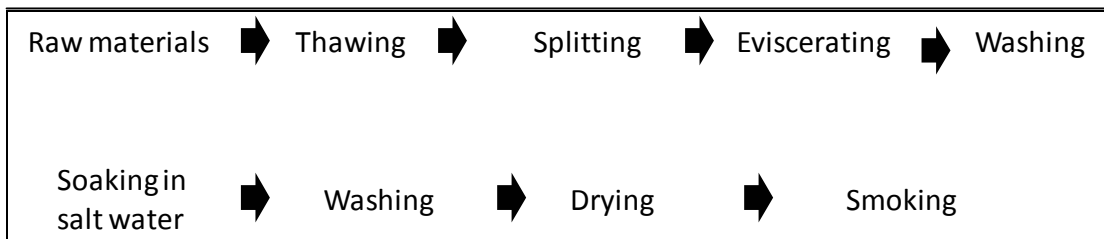


Patinopecten yessoensis



Octopus vulgaris

Gambar 2 – Bahan mentah untuk produk ikan yang diasap.



Bahan mentah → dicairkan → dikelompokkan → dikeluarkan bagian dalamnya → dicuci → direndam dalam larutan garam → dicuci → dikeringkan → diasapkan

Gambar 3 – Proses produksi ikan laut yang diasap.

Bahan mentah:

Bila menggunakan bahan baku ikan yang dibekukan, ikan dicairkan dulu pada air yang mengalir atau dalam suatu wadah air. Untuk proses pencairan ini, penting untuk menjaga ikan tetap dalam keadaan setengah beku untuk keperluan proses selanjutnya.

Proses pengeluaran bagian dalam:

Pada dasarnya, proses ini sama untuk produk ikan yang diasinkan dan dikeringkan. Dalam mengeluarkan bagian dalam ikan, harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak merusak penampilan fisik hasil produk.

Perendaman dalam larutan garam:

Pada dasarnya, proses ini sama untuk produk ikan yang diasinkan dan dikeringkan. Khususnya bagi masyarakat Jepang, produk yang mengandung tingkat keasinan tinggi memiliki kecenderungan untuk tidak disukai. Oleh karena itu, perlu dibatasi tingkat keasinan produk akhir dalam rentang 2.0 - 2.5%.

Pengeringan:

Ada kasus dimana proses pengeringan tidak diperlukan. Namun, dalam hal proses pengeringan diperlukan, bila permukaan ikan masih mengandung kadar air yang tinggi, akan membuat produk akhir tidak menghasilkan warna khas ikan yang diasap, atau warna kuning kecoklatan (*amber*). Untuk mengeringkan daging ikan, gunakan sebuah pengering udara dingin. Bila pengering seperti ini tidak ada, gantungkanlah daging ikan pada gantungan dalam ruangan ber-AC atau diangin-anginkan menggunakan kipas angin. Namun, untuk proses pengasapan dingin, tidak ada proses pemanasan (*no heating*) sama sekali, sehingga harus dihindari kerusakan yang mungkin timbul oleh serangan selama proses pengeringan.

Pengasapan:

Terdapat 3 metode pengasapan, yakni pengasapan dingin (*cold smoking*), pengasapan hangat (*warm smoking*) dan pengasapan panas (*hot smoking*). Untuk lebih detil, silahkan lihat 'Bagian 2. Proses Pengasapan.

4.2 Proses Pengasapan:

Pengasapan bertujuan untuk mengeluarkan uap dari unsur-unsur senyawa Phenol atau Aldehid dari jenis kayu yang dilekatkan pada tubuh ikan atau untuk memasukkan unsur-unsur tersebut ke dalam tubuh ikan sehingga menghasilkan rasa dan aroma yang khas, serta mengeringkan ikan sehingga didapat efek pengawetan yang diharapkan. Rasa lezat yang menjadi ciri khas produk ikan yang diasap, terutama dari senyawa Phenol dan Aldehid. Unsur Phenol meleleh pada lemak yang ada pada bagian kulit luar ikan dan mengendalikan oksidasi otomatis pada bagian berlemak ini, sehingga mencegah terjadinya perubahan warna kemerahan pada produk akhir. Unsur dalam asap, yang efektif untuk menahan berkembang biaknya mikro organisme adalah senyawa Aldehid, Phenol dan asam organik. Zat anti bakteri pada unsur Aldehid sangatlah kuat. Karena bumbu-bumbu yang terdapat di dalam asap yang mengandung zat anti bakteri ini tidak ikut masuk ke dalam produk ikan, maka efek anti pembusukan terdapat hanya di sekitar permukaan kulit ikan saja. Dengan kata lain, meningkatnya efek pengawetan pada produk akibat pengasapan dihasilkan dari proses pengeringan dan penggaraman, yang meresap masuk (*infiltrate*) ke dalam produk ikan. Seperti yang dijelaskan dibawah ini, ada tiga jenis proses yaitu, pengasapan dingin-*cold smoking*, pengasapan hangat-*warm smoking* dan pengasapan panas-*hot smoking*.

4.2.1 Proses Pengasapan Dingin- *Cold smoking process*:

Dalam proses ini, mula-mula ikan direndam dalam larutan garam; lalu diasap dengan suhu rendah berkisar 15-30°C dalam waktu yang lama (1-3 minggu). Daya simpan (*storage ability*) dari ikan yang diasap dengan proses dingin dapat meningkat tajam, atau produk dapat disimpan selama lebih dari 1 bulan. Di Jepang, jenis ikan salmon, *haddock*, *herring*, *mackerel* atau sejenisnya sering digunakan sebagai bahan baku proses ini. Secara umum kandungan air hasil pengasapan ini cukup rendah; sekitar 40%, atau produk akhirnya cukup keras.

4.2.2 Proses Pengasapan Hangat-*Warm smoking process*:

Bahan baku ikan, setelah direndam dalam larutan garam, diasap kering pada suhu awal sekitar 30°C kemudian, secara bertahap suhu dinaikkan. Bila telah mencapai suhu 90°C, proses pengasapan selesai. Proses ini menitikberatkan pada pentingnya aroma dan cita rasa produk dan bertujuan menghasilkan produk diasap yang lembut dengan kadar garam kurang dari 5% serta kadar air sekitar 50%. Produk yang dihasilkan dari proses ini mengandung kadar air yang relatif tinggi, sehingga mudah busuk, mutu produknya juga cepat menurun selama proses penyimpanan, sehingga harus disimpan dalam suhu rendah.

4.2.3 Proses Pengasapan Panas-*Hot smoking process*:

Proses ini diterapkan di Jerman. Bahan baku ikan diasap pada suhu tinggi berkisar 120-140°C dalam tempo yang singkat (2-4 jam). Kadar air produknya cukup tinggi. Karena itu, hasil produknya tidak bisa disimpan untuk jangka waktu lama, atau dengan kata lain, harus dikonsumsi secepatnya. Sebuah produk Jepang, *Bonito* yang diasap hangat (yang disebut *Namaribushi*), cukup terkenal sebagai sejenisnya.

4.2.4 Proses Pengasapan Cair-*Liquid smoking process*:

Dalam proses ini, aroma asap yang akan dihasilkan pada proses pengasapan didapat tanpa melalui proses pengasapan, melainkan melalui penambahan cairan bahan pengasap (*smoking agent*) ke dalam produk. Bahan baku ikan direndam dalam *wood acid*, yang didapat dari hasil ekstrak penguapan kering unsur kayu atau dari hasil ekstrak yang ditambahi pewangi kayu, yang hampir sama dengan aroma pada pengasapan, setelah itu ikan dikeringkan dan menjadi produk akhir. Metode penambahan bahan pengasap ke dalam ikan, dapat dilakukan melalui penuangan langsung, pengasapan, pengolesan atau penyemprotan. Melalui proses ini tidak diperlukan lagi ruang tempat pengasapan atau alat pengasap, yang menjadi keuntungan dari proses ini namun, aroma produk yang dihasilkan jauh dibawah dari aroma produk yang dilakukan dengan proses pengasapan sesungguhnya.

4.3 Bahan Pengasap -*Smoking agent*:

Berbagai bahan limbah kayu dapat dipakai sebagai bahan pengasap. Kayu yang mengandung resin tinggi memberi rasa tidak enak pada ikan yang diasap, karenanya limbah dari jenis kayu dari pohon yang memiliki daun lebar, yang lebih sering digunakan. Dan juga, jenis kayu yang apabila dibakar menghasilkan asap yang banyak namun sisa bakarannya sedikit, cocok digunakan sebagai bahan pengasap.

Pada kenyataannya, jenis-jenis kayu yang dipilih untuk bahan pengasap berbeda dari satu daerah dengan daerah lainnya di Jepang kayu pohon cherry, oak Jepang, kayu pohon *maple*, *beech*, *white birch*, *chestnut*, dll, banyak dipakai. Namun dinegara lain, dipakai kayu-kayu dari pohon *walnut*, *birch*, *poplar*, *elm*, *light oak*, dll.

5. PRODUK KUE IKAN (FISH CAKE)

Fish Cake (Kamaboko) merupakan produk khas Jepang dengan daging ikan yang telah diproses. Produk tersebut memanfaatkan sifat pembentukan jelly (*gelatification property*) dalam protein daging ikan. Untuk produksi *fish cake*, ada beberapa gambaran; seperti menggunakan bahan baku ikan yang nilai kesegarannya rendah, jenis ikan yang kesegarannya cepat rusak atau jenis ikan yang tidak sesuai untuk pemrosesan lain, atau untuk meningkatkan mutu akhir ikan dengan mencampurkan penyedap rasa atau bahan tambahan lainnya. Ada berbagai jenis *fish cake* sesuai dengan metode pemanasannya (*heating method*), bentuknya, metode pembungkusan/pengepakan, dll. Kamaboko kukus, Kamaboko panggang, Chikuwa panggang, Chikuwa kukus, Kamaboko goreng, Kamaboko rebus, sosis daging ikan, dll. Dibagian ini akan dijelaskan tentang Kamaboko goreng, yang proses produksinya agak mudah.



Gambar 1 – produk kue ikan (Kamaboko)

5.1 Proses produksi kue ikan goreng (Age-kamaboko):

Produk Kamaboko goreng adalah produk yang diproses dengan memanfaatkan sifat protein serat myogenic (*myogenic fiber protein*), atau suatu jenis protein yang ada dalam daging ikan, yang berarti semua jenis ikan dapat digunakan untuk produk ini. Namun demikian, jenis ikan yang dapat diterapkan sebagai bahan baku ikan segar dibatasi beberapa elemen seperti harga ikannya, tekstur produk akhirnya, yang pasti tergantung jenis bahan bakunya, rasio kemampuan hasilnya (*yield ratio*), aroma, warna produk akhir. Tekstur khusus untuk produk fish cake atau sifat elastisnya disebut *Ashi* (atau lengan *-leg*). Jenis ikan yang digunakan di Jepang sebagai bahan bakunya adalah *lizard fish*, walleye Pollack, hiu dan sejenisnya.



Argyrosomus argentatus

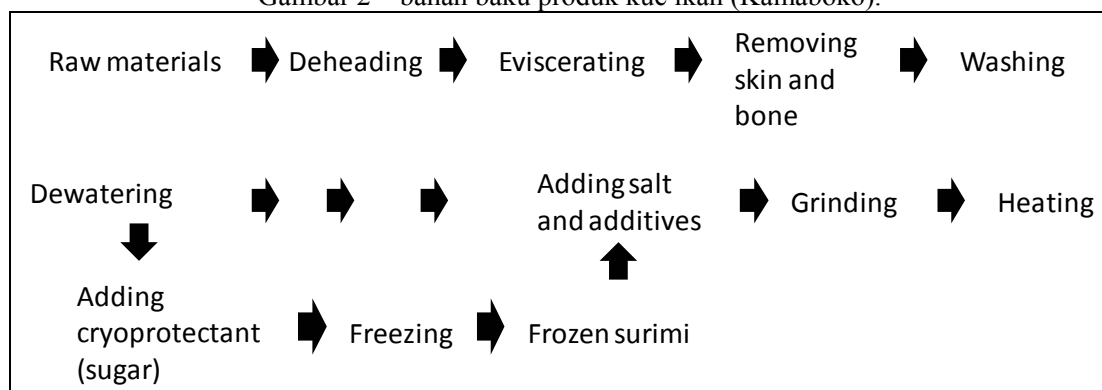


Theragra chalcogramma



Trachurus japonicus

Gambar 2 – bahan baku produk kue ikan (Kamaboko).



Bahan baku → pemotongan kepala → pengeluaran bagian dalam → pencabutan kulit dan tulang → pencucian → penghilangan kandungan air → penambahan garam dan bahan lain → penggilingan → pemanasan
→ penambahan cryoprotectant (gula) → pembekuan → surimi beku

Gambar 3 – proses produksi kue ikan (Kamaboko).

Bahan baku:

Umumnya, ikan beku tidak digunakan. Bila menggunakan ikan beku, produk akhir tidak memiliki tekstur elastis, yang tidak disukai oleh orang Jepang. Penting untuk mempertahankan suhu tetap dibawah 10°C sampai proses produksi mencapai proses pemanasan akhir.

Proses pencabutan kulit dan tulang:

Proses ini biasanya menggunakan mesin pencabut tulang (*deboning machine*). Bila cara pencabutannya menggunakan cara manual, maka pertama-tama bahan baku difilet baru kemudian dipotong menjadi persegi (*cube*) sebesar 5mm dengan menggunakan pisau.

Pencucian:

Umumnya, cuci daging 3 kali menggunakan air es sebanyak 5 kali berat dagingnya. misalnya, untuk mencuci daging ikan sebanyak 20 kg, siapkan air es sebanyak 100 l.

dalam sebuah ember dan letakkan daging ikan di dalamnya. Kemudian, aduk daging dalam ember dengan menggunakan suatu tongkat atau yang sejenisnya selama 5 menit dan biarkan dan didiamkan selama 10 menit. Setelah itu, miringkan ember untuk membuang air bagian atasnya dan kemudian tambahkan air es yang baru. Ulangi proses seperti diatas sebanyak 3 kali.

Bila ikannya memiliki warna daging merah, yang pH daging ikannya mudah turun, di banyak kasus, dagingnya dicuci dalam larutan 0.4-0.5% NaHCO_3 atau 0.2% NaHCO_3 + 0.15% NaCl (dicuci dalam air asin alkali - alkali brine). Sebagai tambahan, ketika mengulang-ulang proses pencucian, daging ikan warna merah akan menyerap air dan perlahan-lahan akan tampak bertambah bengkak (*swelled*), sehingga sulit untuk dibuang kandungan airnya (*dewatering*) pada proses selanjutnya.

Pembuangan kandungan air:

Bila proses ini dikerjakan dengan skala pabrik/besar, digunakan suatu alat besar seperti obeng tekan (*screw press*); namun, bila menggunakan cara manual, angkat daging ikan dari ember pencucian ke dalam kantong kain yang besar dan eras dan dibuang kandungan airnya dengan cara diinjak-injak. Pada kasus produksi daging ikan cincang beku, setelah dibuang kandungan airnya, daging ditambahi bahan cryoprotectant seperti gula dan kemudian simpan ikannya dalam lemari penyimpanan beku sampai proses selanjutnya. Untuk menambahkan bahan cryoprotectant, tambahkan 5-7% bahan ke dalam daging ikan yang telah dicuci dengan kandungan kadar air 80% atau lebih. Umumnya di Jepang, konsumen tidak menyukai pemakaian fosfat yang dipolimerisasi (*polymerized phosphate*) sebagai bahan cryoprotectant; karena itu, sebisa mungkin menghindari pemakaian bahan ini.

Penambahan garam dan bahan tambahan lainnya:

Tambahkan garam dan bahan penyedap rasa lainnya. Bila menggunakan daging ikan cincang beku, tambahkan bahan-bahan lain (additives) setelah menggiling daging ikan cincang setengah beku secukupnya. Umumnya, untuk daging ikan, tambahkan garam sebanyak 2%, gula sebanyak 8% (bila menggunakan daging ikan cincang beku, perhatikan jumlah gula yang sudah ditambahkan sebagai bahan cryoprotectant) dan penyedap rasa sejenis asam amino sebanyak 0.5%. disamping itu, tambahkan juga kanji (*starch*), putih telur, arak Jepang (*sake* Jepang), dll. Sementara itu, garam ditambahkan tidak hanya untuk menambah rasa tapi juga membuat daging ikan larut menjadi pasta.

Penggilingan:

Ada dua cara penggilingan yaitu, pertama menggunakan batu giling model gerinda (*millstone type grinder*) dan yang kedua menggunakan pemotong makanan. Bila menggunakan batu giling model gerinda, waktu penggilingan berkisar selama 20-30 menit; sebaliknya, bila menggunakan pemotong makanan, waktu yang dibutuhkan untuk menggiling hanya 2-3 menit. Pada kedua cara tersebut, harus diperhatikan kenaikan suhu pada proses ini.



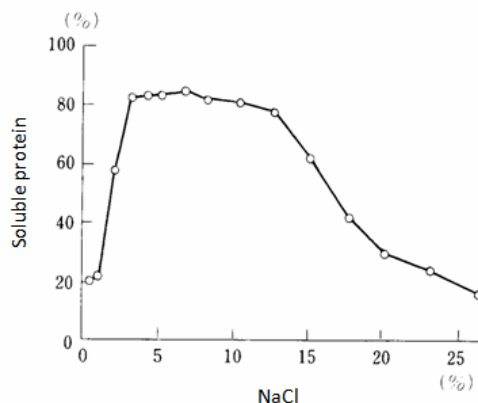
Gambar 4 – mesin penggiling untuk pengadonan daging ikan.

Pemanasan:

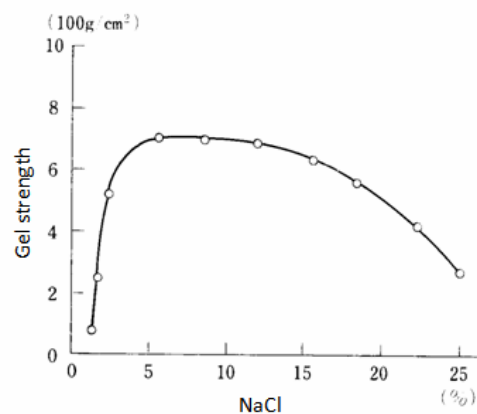
Untuk memproduksi fish cake goreng (*Age-kamaboko*), masukan daging ikan yang sudah rata (*ground*), ke dalam penggorengan yang suhu di dalamnya sudah mencapai 150-180°C. Bila menggoreng bola daging ikan yang agak besar, harus dilakukan dengan perlahan-lahan pada suhu 150°C dan, bila menggoreng bahan yang tipis, lakukan secara singkat pada suhu 180°C. orang Jepang cenderung menginginkan sifat elastis (*elastic property*) pada produk *fish cake*, sehingga sifat elastis produk setelah melewati proses penggorengan menjadi amat penting. Suatu metode untuk meningkatkan sifat elastis produk, ada dua tahap pemanasan (*two-stage heating process*)

5.2 Konsentrasi Kandungan garam

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara konsentrasi kandungan garam dan jumlah protein yang didapatkan dan gambar 6 menunjukkan hubungan antara konsentrasi garam dan kekuatan Ashi (lengan) dari daging ikan cincang. Konsentrasi kandungan garam, dimana protein serat *myogenic* dapat melarut dan konsentrasi kandungan garam, yang membentuk Ashi, hampir berhubungan satu sama lain. Dengan konsentrasi garam sebesar 4~5%, Ashi (tekstur) menjadi maksimum; namun, dengan konsentrasi garam sebesar lebih dari 3%, produknya menjadi terlalu asin. Untuk produk *fish cake* goreng, tanpa melihat jenis ikan yang menjadi bahan mentahnya atau jenis produk akhirnya, konsentrasi kandungan garam umumnya ada pada kisaran sebesar 2~3%.



Gambar.5 Efek konsentrasi NaCl pada kelarutan protein daging ikan.



Gambar.6 Efek konsentrasi NaCl pada kekuatan jelly daging ikan.

5.3 Pembentukan jelly pasta daging ikan

Ketika pasta daging ikan dipanaskan, kelenturannya (*plasticity*) menjadi hilang dan daging berubah menjadi jelly yang kaya akan sifat elastis (*elastic property*). Jelly pasta ini dapat dibentuk perlahan dalam suhu rendah dan dibentuk cepat dalam suhu tinggi. Pada zona suhu kurang dari 50°C, pembentukan struktur jelly terjadi, sementara pada zona suhu sekitar 60°C, pemecahan struktur jelly meningkat. Keadaan zona pertama disebut ‘pembentukan-*setting*’ dan zona kedua disebut ‘pemecahan-*disintegrated*’. Kekuatan jelly yang terjadi pada pembuatan jelly daging ikan terletak pada kecepatannya, yakni dimana bahan baku itu dipanaskan yang disebut zona suhu. kekuatan jelly juga berbeda tergantung pada jenis ikannya, dimana biasanya kekuatan jelly lebih besar bila bahan bakunya dipanaskan pada zona ‘pembentukan’ untuk beberapa waktu yang lama dan dilewatkan pada zona ‘pemecahan’ secara cepat.

5.4 Perbedaan Pembentukan Jelly menurut Jenis Ikan:

Ketahanan pembentukan jelly pasta daging ikan tergantung pada jenis ikannya. Karena itu dalam produksi produk *fish cake*, proses pemilihan jenis bahan bakunya menjadi amat penting. Umumnya ketahanan pembentukan jelly menurut jenis ikannya adalah sebagai berikut: ① bila jenis ikannya memiliki daging warna merah, pembentukan jellinya lemah, ② untuk ikan dengan warna daging putih dan berjenis selar (*selachian*) atau hiu, pembentukan jellinya kuat untuk beberapa jenis dan lemah pada beberapa jenis yang lain, ③ untuk ikan dengan daging warna merah muda (swordfish, Japanese horse mackerel), banyak diantaranya pembentukan jellinya kuat, ④ untuk jenis ikan sole, salmon dan bull trout, jellinya lemah, ⑤ untuk jenis udang (*shrimp*) dan ikan air tawar, banyak diantaranya pembentukan jellinya lemah. Secara umum, pembentukan jelly terjadi dengan mudah untuk ikan yang hidup di zona air dingin (*cold water zone*) dan pembentukan jelly terjadi dengan perlahan/lambat untuk ikan daerah tropis dan yang hidup di zona air hangat (*warm water zone*) dan ikan yang hidup di air tawar. Tambahan lagi, untuk pasta daging ikan, tidak ada hubungan langsung antara kecepatan pembentukan jelly dengan kekuatan jellinya. Sebagai contoh, untuk udang dan ikan terbang, pembentukan jellinya cepat dan kuat; sedangkan untuk sarden bergaris (*spot-lined sardine*) dan ikan anglers, pembentukan jelly cepat tapi kekuatannya lemah. Untuk ikan swordfish, pembentukan jellinya lambat tapi kekuatannya bagus. ‘pemecahan jelly (*Disintegration*)’ juga unik berdasarkan jenis ikannya. Ada satu jenis ikan yang ‘pecah’ menjadi lumpur hanya dengan pemanasan selama 20 menit pada suhu 60°C; sementara yang lain, jellinya tidak rusak meski dipanaskan selama lebih dari 2 jam. Tidak ada hubungan yang terjadi antara kecepatan pembentukan jelly dan kecepatan ‘rusaknya’ jelly. Umumnya, untuk ikan yang warna dagingnya putih, ada beberapa jenis yang mudah pecah sementara yang lain tidak mudah pecah jellinya. Untuk ikan dengan warna daging merah, banyak diantaranya yang pecah dengan mudah. Untuk jenis ikan yang diklasifikasikan antara warna daging putih dan merah, banyak yang sulit ‘pecah’. Untuk jenis hiu, jellinya ‘tidak pecah’.

5.5 Pemanasan dua-tahap:

Produk *fish cake* dengan tekstur yang kuat (Ashi) dapat dihasilkan dengan proses berikut: pertama-tama, panaskan pasta daging ikan pada suhu berkisar 5-10°C selama 10-20 jam atau pada suhu 30-40°C selama beberapa puluh menit (pemanasan pendahuluan-*preliminary heating*); kemudian, panaskan produk pada suhu tinggi sampai ke tengah pasta (pemanasan utama-*main heating*). Kedua tahapan pemanasan ini saling memperkuat struktur produknya. Proses ini digunakan untuk menghasilkan produk dengan tekstur kuat dari segi bahannya, dapat membentuk jelly dengan mudah tapi teksturnya lemah. Untuk produk fish cake (Kamaboko), proses pemanasan dua tahap ini bukanlah hal yang mutlak. Fish cake yang dipanaskan tanpa pembentukan jelly dapat membentuk tekstur yang lembut, sementara yang dipanaskan setelah jellinya terbentuk, teksturnya tidak begitu lembut. Karena itu, kadang pasta ikan dipanaskan segera setelah pasta mengeras (*cast*). Tambahan lagi, beberapa jenis ikan mempunyai aktifitas Protease yang tinggi; bila proses pemanasan dua tahap dilakukan pada bahan baku jenis ikan ini, maka akan mengakibatkan terjadinya tekstur yang lemah.

Bila melakukan pemanasan dua tahap, ada kemungkinan tumbuhnya mikroba pada tahap pemanasan pendahuluan, karena itu, perhatian yang besar harus diberikan pada saat penataan awal kondisi pemanasan.